

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**Resistencia de un concreto con cemento sustituido
parcialmente por lodo de papel y concha de abanico**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Hilario Gamboa, Marvin Johnsons

Asesor:

Salazar Sánchez, Dante

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE

Tema	Resistencia del concreto
Especialidad	Tecnología del concreto

KEYWORDS

Topic	Concrete strength
Specialty	Concrete technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Facultad	1. Ingeniería
Área	2. Ingeniería y tecnología
Sub área	2.1. Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería civil

TÍTULO

**RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO
PARCIALMENTE POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO**

RESUMEN

La siguiente investigación estuvo enfocada en determinar y comparar la resistencia a compresión de un concreto $F'c = 210\text{kg/cm}^2$, con otros donde se sustituirá al cemento por la combinación de ceniza de lodo de papel de la empresa Trupal S.A. (ubicada en Santiago de Cao – La Libertad) y polvo de concha de abanico (extraída de Chimbote – Ancash), en porcentajes de 10% y 15%.

Ambos materiales sustituyentes del cemento, después de ser activados térmicamente, obtuvieron gran capacidad cementante por sus altos contenidos de silicio, aluminio y calcio. Consiguientemente se elaboraron las probetas de concreto patrón y las probetas de concreto experimentales, siendo estas sometidas a ensayo de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, determinándose que cuando el cemento fue sustituido en un 10%, la resistencia final fue mayor, alcanzando una $F'c = 236.76\text{ Kg/cm}^2$ que representa un 112.74%; mientras que cuando el cemento fue sustituido en un 15% la resistencia final fue menor, alcanzando una $F'c = 207.31\text{ Kg/cm}^2$ que representa un 98.72% ,ambas en comparación con el concreto patrón.

ABSTRACT

The following investigation was focused on determining and comparing the compressive strength of a concrete $F'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$, with others where the cement will be replaced by the combination of paper mud ash from Trupal S.A. (located in Santiago de Cao - La Libertad) and fan shell powder (extracted from Chimbote - Ancash), in percentages of 10% and 15%.

Both substituent materials of cement, after being thermally activated, obtained great cementing capacity due to their high silicon, aluminum and calcium contents. Consequently, the standard concrete specimens and the experimental concrete specimens were made, being subjected to a compression test at 7, 14 and 28 days of curing, determining that when the cement was replaced by 10%, the final resistance was greater, reaching an $F'_c = 236.76 \text{ Kg / cm}^2$ which represents 112.74%; while when the cement was replaced by 15% the final strength was lower, reaching an $F'_c = 207.31 \text{ Kg / cm}^2$ which represents 98.72%, both in comparison with the concrete pattern.

ÍNDICE GENERAL

Tema	Página N°
PALABRAS CLAVE.....	I
TÍTULO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	23
III. RESULTADOS	30
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	48
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
VI. DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS.....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
VIII. ANEXOS Y APÉNDICE.....	61

Lista de tablas

Tabla 1. Componentes Químicos del Cemento y Procedencia usual.....	8
Tabla 2. Porcentajes de Óxidos en el Cemento Portland.....	9
Tabla 3. Componentes Químicos del Cemento Portland Tipo I.....	10
Tabla 4. Tabla de granulometría.....	12
Tabla 5. Requisitos para Agua de mezcla.....	15
Tabla 6. Características químicas del lodo de papel.....	18
Tabla 7. Diseño de Bloque Completo al Azar.....	23
Tabla 8. Diseño de Mezcla.....	28
Tabla 9. Óxidos principales de la ceniza de lodo de papel en comparación con el cemento Portland Tipo I.....	31
Tabla 10. Óxidos principales del polvo de concha de abanico en comparación con el cemento Portland Tipo I.....	33
Tabla 11. Ensayo de Ph.....	34
Tabla 12. Pesos antes y después de ensayo de probetas patrones.....	36
Tabla 13. Diámetros de Probetas patrones antes de ser ensayadas a compression.....	36
Tabla 14. Resistencia de Probetas Patrón a los 7 días de curado.....	37
Tabla 15. Resistencia de Probetas Patrón a los 14 días de curado.....	37
Tabla 16. Resistencia de Probetas Patrón a los 28 días de curado.....	38
Tabla 17. Resistencia a la compresión de probetas patrón según días de curado.....	38
Tabla 18. Pesos antes y después de ensayo de probetas con 10% de sustitución de cemento.....	39
Tabla 19. Diámetros de Probetas con 10% de sustitución de cemento antes de ser ensayadas a compresión.....	39
Tabla 20. Resistencia a los 7 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 10%.....	40
Tabla 21. Resistencia a los 14 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 10%.....	40

Tabla 22. Resistencia a los 28 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 10%.....	41
Tabla 23. Resistencia a la compresión de probetas experimentales sustituyendo al cemento en 10%, según días de curado.....	41
Tabla 24. Pesos antes y después de ensayo de probetas con 15% de sustitución de cemento.....	42
Tabla 25. Diámetros de Probetas con 15% de sustitución de cemento antes de ser ensayadas a compresión.....	43
Tabla 26. Resistencia a los 7 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 15%.....	43
Tabla 27. Resistencia a los 14 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 15%.....	44
Tabla 28. Resistencia a los 28 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 15%.....	44
Tabla 29. Resistencia a la compresión de probetas experimentales sustituyendo al cemento en 15%, según días de curado.....	44
Tabla 30. Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con una sustitución de cemento por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico según días de curado.....	46
Tabla 31. Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.....	46
Tabla 32. Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias de las probetas de concreto es diferente.....	47

Lista de figuras

Figura 1: La prueba del Slump mide la Trabajabilidad del Concreto.....	7
Figura 2: Principales Países importadores de conchas de abanico peruana 2014.....	20
Figura 3: Producción de Conchas de abanico por regiones 2014.....	21

Figura 4: curva de pérdida de masa – análisis termo gravimétrico de la ceniza de lodo de papel.....	30
Figura 5: curva calorimétrica de la ceniza de lodo de papel.....	31
Figura 6: curva de pérdida de masa – análisis termo gravimétrico del polvo de concha de abanico.....	32
Figura 7: curva calorimétrica del polvo de concha de abanico.....	33
Figura 8: Resistencia a la compresión vs edad de probetas patrón.....	38
Figura 9: Resistencia a la compresión vs edad de probetas experimental sustituyendo al cemento en 10%.....	41
Figura 10: Relación entre resultados promedio. Patrón vs probetas experimentales sustituyendo al cemento en 10%.....	42
Figura 11: Resistencia a la compresión vs edad de probetas experimental sustituyendo al cemento en 15%.....	45
Figura 12: Relación entre resultados promedio. Patrón vs probetas experimentales sustituyendo al cemento en 15%.....	45

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los antecedentes y fundamentación científica tenemos:

Rodríguez, O., Frías, M., Sánchez de Rojas, M. I., García, R., Vigil, R. (2009), estudió cómo afecta la adición activa en la estructura porosa y las resistencias mecánicas en pastas de cemento que contienen un 10 y un 20% de lodo de papel calcinado. Llegando a la conclusión que: Las condiciones de calcinación más idóneas de todas las estudiadas, desde el punto de vista tanto puzolánico como energético son 700 °C durante 2 h.

Hilario Gamboa, M. (2016), determinó la resistencia a compresión de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en un 3% con ceniza de lodo de papel, en comparación con el diseño de un concreto convencional. Y concluyó que: Activando térmicamente la ceniza de lodo de papel, se presenciaron importantes porcentajes de silicio, aluminio y calcio en su composición, considerándose material cementante. Además, en la comparación de resultados a los 28 días entre probetas patrones y experimentales, concluyó que el concreto sustituyendo al cemento en un 3% supera en resistencia a compresión en 37.43% al concreto patrón.

Vega Zegarra, G. (2016), determinó la resistencia a compresión de un mortero sustituyendo al cemento en un 15% con ceniza de lodo de papel y 5% de polvo de concha de abanico, en comparación con el diseño de un concreto convencional. Donde concluyó que: calcinando la ceniza de lodo de papel a una temperatura controlada de 400°C durante 3 horas, y para la concha de abanico a 900°C durante 4 horas, el mortero experimental no superó al patrón, pero obtuvo una resistencia ascendente según las edades de curado.

Chero Huamán, A. (2017). Concluyó que: Activando la concha de abanico por calcinación a una temperatura de 800°C durante 50 minutos, se obtuvo 99.46% de CaO en su composición, siendo un material con alta pureza de óxido de calcio.

En el área de la construcción se ha utilizado el cemento como elemento primordial en los trabajos relacionado con las obras civiles y ha surgido la necesidad de mejorar la calidad del concreto, por tal motivo el ingeniero civil debe estar en la capacidad de proponer el uso de diferentes adiciones en mezclas de concreto que puedan brindar soluciones tomando en consideración los costos y medio ambiente.

El concreto empleado en la construcción está conformado por: agregados (fino y grueso), agua y cemento. Este concreto es de tipo convencional, pero puede ser transformado en concreto de alta resistencia al agregarle aditivos y adiciones en su composición. Los primeros se encargan de mejorar las propiedades de la mezcla antes, durante y después de la elaboración de la misma, mientras que las adiciones son un subproducto industrial, integrados por granos sumamente pequeños, con una finura similar a la del cemento que se emplean generalmente como material reemplazante del mismo, contribuyendo en el incremento de las resistencias a compresión y garantizando la durabilidad de las estructuras.

En la presente investigación se busca aprovechar los residuos de las industrias papeleras y los recursos marítimos del Perú, específicamente el lodo de papel y la concha de abanico, como materias primas para sustituir al cemento, aumentar la resistencia a compresión del concreto y también economizar en las construcciones a nivel local, nacional e internacional.

En el Perú existen infinidad de empresas dedicadas a la industria del papel, pero solo una de ellas obtiene el papel utilizando como materia prima principal el bagazo de la caña de azúcar, esta empresa es TRUPAL S.A. ubicada en el distrito de Santiago de Cao, provincia de Ascope, en el departamento de La Libertad.

TRUPAL S.A. produce 11 toneladas de papel/ hora, al día 250 toneladas papel/día, generando grandes cúmulos de medula de bagazo, también conocido lodo de papel. Los cuales presentan componentes del cemento en similares porcentajes; que no están siendo aprovechados en el diseño de concreto.

Así también, las principales fábricas cementeras del Perú no contribuyen con la conservación del medio ambiente, el problema surge de sus hornos ya que son de grandes dimensiones; requieren una enorme cantidad de energía para conseguir temperaturas superiores a los 2000°C, expulsando todo tipo de emisiones como partículas de polvo, gases como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono, sin olvidar los cloruros, fluoruros, compuestos orgánicos tóxicos y metales pesados. Una verdadera bomba para el medio ambiente.

Además, podemos decir que, en la ciudad de Chiclayo se cuenta con gran cantidad de material marítimo presto a su reutilización y aprovechamiento debido a sus componentes químicos, tal es el caso de la concha de abanico, que con normalidad después de ser consumida se convierte en desecho.

Por estos motivos para lograr una mayor o igual durabilidad, resistencia, un menor costo y contribuir con el medio ambiente es necesario elaborar un concreto sujeto a todas estas condiciones, por lo que se recurre a utilizar ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico en sustitución parcial del cemento.

En función a todo lo descrito planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cómo será la resistencia a compresión de un concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en un 10 y 15% por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico, en comparación a un concreto convencional?

Después de haber formulado la problemática es necesario conceptualizar y operacionalizar las variables:

Tecnología del concreto:

Es el campo de la ingeniería civil que abarca un conjunto de conocimientos científicos orientados hacia la explicación técnica, práctica y eficiente del concreto en la construcción.

A diferencia de otros campos de la ingeniería en que se puede ejercer un control bastante amplio sobre los parámetros que participan en un fenómeno, en la tecnología del concreto, cada elemento interviene, bien sea el cemento, el agua, los agregados, los aditivos y las técnicas de producción, colocación, curado y mantenimiento, representan aspectos particulares a estudiar y controlar de modo que puedan trabajar eficientemente de manera conjunta en la aplicación práctica que deseamos.

Generalmente tenemos una serie de limitaciones en cuanto a modificar a nuestra voluntad las características de los factores que intervienen en el diseño y producción del concreto, por lo que cada caso supone una solución particular, ya que paradójicamente, los ingredientes de un concreto bueno y uno malo son en general los mismos si no sabemos emplearlos adecuadamente, por lo que no es una tarea simple el diseñar y producir concreto de buena calidad. En este punto, es necesario establecer que “el concreto de buena calidad es aquel que satisface eficientemente los requisitos de trabajabilidad, colocación, compactación, resistencia, durabilidad y economía”.

Concreto: La palabra concreto viene del latín “concretus” que significa compuesto. El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta compuesta de cemento Portland (generalmente esta pasta constituye el 25 al 40 % del volumen total del concreto), agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa compacta pues la pasta endurece debida a la reacción química entre el cemento y el agua. A la mezcla de estos materiales se le puede añadir otros productos para mejorar características determinadas (Abanto, F. 2009).

Por otra parte, los agregados constituyen del 60 al 75%, por lo cual su selección debe hacerse con especial cuidado. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas (Neville, 1999).

La principal característica estructural del concreto es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero, recibiendo en este caso la denominación de hormigón armado, o concreto pre-reforzado en algunos lugares; comportándose el conjunto muy favorablemente ante las diversas solicitaciones.

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras. Dentro de las propiedades del concreto, cuatro son las principales:

Trabajabilidad: Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

Durabilidad: El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

Impermeabilidad: Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

Resistencia: Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

El concreto también se puede encontrar en tres estados diferentes y con características propias:

ESTADO FRESCO. Al principio el concreto parece una “masa”. Es blando y puede ser trabajado o moldeado en diferentes formas. Y así se conserva durante la colocación y la compactación. Las propiedades más importantes del concreto fresco son la trabajabilidad y la cohesividad.

Trabajabilidad: En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad. La Trabajabilidad también tiene relación con el contenido de cemento en la mezcla, con las características granulométricas, con relación de los agregados finos y gruesos, con la cantidad de agua y aire en la mezcla; también con las condiciones ambientales.

Cohesividad. La cohesividad se define como aquella propiedad gracias a la cual se puede controlar la posibilidad de segregación durante la etapa de manejo de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma, y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto. Normalmente se considera que una mezcla de concreto posee el grado apropiado de cohesividad si ella no es demasiado plástica ni demasiado viscosa.

ESTADO FRAGUADO. Después, el concreto empieza a ponerse rígido. Cuando ya no está blando, se conoce como FRAGUADO del concreto. El fraguado tiene lugar después de la compactación y durante el acabado.

ESTADO ENDURECIDO. Después de que el concreto ha fraguado empieza a ganar resistencia y se endurece. Las propiedades del concreto endurecido son resistencia y durabilidad.

Resistencia. Es una de las propiedades más importantes del concreto, principalmente cuando se le utiliza con fines estructurales. El concreto, en su calidad de constituyente de un elemento estructural, queda sometido a las tensiones derivadas de las solicitaciones que actúan sobre éste. Si sobrepasan su capacidad resistente se

producirán fracturas, primero de origen local y posteriormente generalizadas, que podrán afectar la seguridad de la estructura.

Por este motivo, los elementos estructurales deben ser dimensionados de manera que las tensiones producidas no sobrepasen la capacidad resistente del material constituyente, lo cual muestra la importancia de conocer esta característica.

Ensayos del concreto:

Para el estado fresco del concreto, se empleó el asentamiento mediante el cono de Abrams según la NTP 339.035:2009 HORMIGÓN. El Cono de Abrams o Slump es el método tradicional para medir la trabajabilidad del concreto.

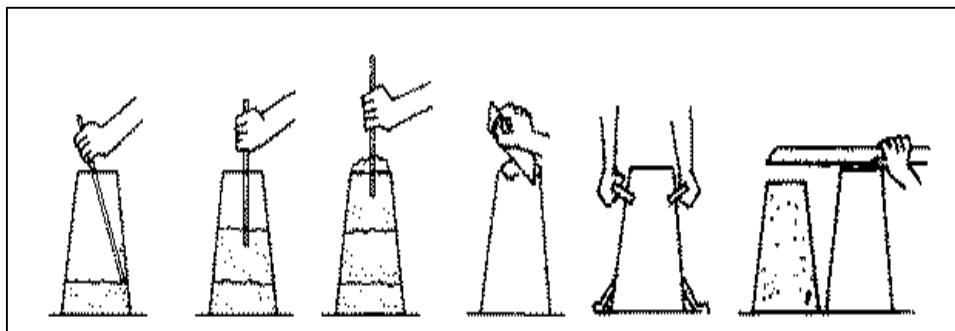


Figura 1. La prueba del Slump mide la Trabajabilidad del Concreto.

(Fuente: Tecnología de los materiales. <http://www.tecmaterialesbravo.blogspot.pe/2015/10/>)

Para el estado endurecido del concreto, se realizó la resistencia a compresión, la cual se puede definir como la máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o de mortero a carga axial. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), megapascuales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi) a una edad de 28 días.

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire.

Estos ensayos se realizaron de acuerdo a las normas:

NTP 339.034:2008 HORMIGÓN. Método de ensayo para el esfuerzo a la Compresión de muestras cilíndricas de concreto. 2a. ed.

NTP 339.037:2008 HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la rotura de testigos cilíndricos de hormigón (concreto).

Por otro lado, desglosando los componentes del concreto, podemos decir q esta constituidos por una mezcla en proporciones definidas de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.

Cemento: Actualmente, se le conoce como cemento Portland para describir un cemento que se obtiene de la mezcla adecuada de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxido de fierro, calentando la mezcla a altas temperaturas (1400-1600°C) y después moliendo el material resultante, llamado Clinker, con una pequeña cantidad de yeso para controlar el tiempo de fraguado (Neville, 1999).

Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

Tabla 1. Componentes Químicos del Cemento y Procedencia usual

%	Componente químico	Procedencia usual
95% <	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Fierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
5% <	Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio	Minerales Varios

(Fuente: Ing. Gerardo Antonio Rivera López. *Concreto Simple.*)

Los porcentajes típicos en que intervienen los óxidos mencionados en el cemento Portland son:

Tabla 2. Porcentajes de Óxidos en el Cemento Portland

Compuesto	Porcentaje	Nombre
CaO	61 % - 67 %	Oxido de Calcio
SiO ₂	20 % - 27 %	Oxido de Silicio
Al ₂ O ₃	4 % - 7 %	Oxido de Aluminio
Fe ₂ O ₃	2 % - 4 %	Oxido de Fierro
SO ₃	1 % - 3 %	Óxido de Azufre
MgO	1 % - 5 %	Oxido de Magnesio
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 % - 1.5 %	Álcalis

(Fuente: Ing. Gerardo Antonio Rivera López. *Concreto Simple*.)

Silicato tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato dicálcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricálcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento.

Aluminio - ferrito tetracálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: óxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Tipos de cementos:

Tipo I, para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

Tipo II, para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.

Tipo III, para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV, para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V, para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

La elección del cemento Portland a ser empleado en la preparación de concretos es muy importante. Las diferentes marcas y tipos tendrán distintas características de desarrollo de resistencia debido a variaciones en su composición y en su finura, dentro de los límites que permite la Norma ASTM C 150.

El cemento empleado en esta tesis fue el Cemento Portland Pacasmayo Tipo I. por lo que es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales.

Tabla 3. Componentes Químicos del Cemento Portland Tipo I

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Cal Combinada : CaO	62.5%
Sílice: SiO_2	21%
Alumina: Al_2O_3	6.5%
Hierro : Fe_2O_3	2.5%
Óxido de Azufre: SO_3	2.0%
Cal Libre: CaO	0.0%
Magnesio: MgO	2.0%
Perdida al Fuego: P.F	2.0%
Residuo Insoluble: R.I	1.0%
Álcalis: $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	0.5%

(Fuente: Tópicos de tecnología de concreto en el Perú de Enrique Pasquel Carbajal)

Los siguientes componentes del concreto son los agregados, también llamados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua forman un todo compacto (piedra artificial), conocido como mortero o concreto.

Dentro de los agregados tenemos al agregado fino, que es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan por el tamiz de $3/8''$ (9.51 mm) y es retenido por el tamiz N° 200.

El agregado fino utilizado para el diseño de mezcla del concreto en la presente investigación proviene de la Cantera “DULONG”, ubicada a 100m de la carretera panamericana norte, al costado del túnel de Coishco.

El agregado fino a utilizarse en el concreto debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las Normas Técnicas Peruanas.

La determinación de estos requisitos denominadas propiedades físicas nos permitirá obtener valores que serán utilizados para los diseños de mezclas de concreto a estudiar. Las propiedades físicas a determinar son:

Peso Unitario: El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m^3 .

El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación, etc.

Peso Específico: El Peso Específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.

Contenido de Humedad: Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje), la cantidad de agua en el concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 horas.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

Absorción: Es la capacidad del agregado fino de absorber agua en contacto con él.

Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 horas), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

Granulometría: La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades del mortero, en especial de la granulometría y otras características de la arena. Como no es fácil modificar la granulometría de la arena a diferencia de lo que sucede con el agregado grueso, que se puede cribar y almacenar separadamente sin dificultad, la atención principal se dirige al control de su homogeneidad. Requisitos granulométricos:

Tabla 4. Tabla de granulometría

Malla	% que Pasa
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 – 100
N° 16	50 – 100
N° 30	25 – 60
N° 50	10 – 30
N° 100	0

(Fuente: NTP 400.012:2001 AGREGADOS)

Módulo de Finura: Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La norma establece que la arena debe tener un módulo de fineza no menos a 2.35 ni mayor a 3.15. Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas N°4, 8, 16, 30, 50, 100 dividido entre 100.

En la apreciación del módulo de finura, se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducen segregación y las que se encuentran entre 2.8 y 3.2 son las más favorables para los concretos de alta resistencia.

Superficie Específica: Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas. Consiste en determinar la cantidad de materiales finos que se pueden presentar en el agregado, en forma de revenimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

Como segundo agregado tenemos al agregado grueso, que es el retenido en el tamiz 4.75 mm (N°9) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca.

El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada. La grava es el agregado grueso, proveniente de la desintegración natural de materiales pétreos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos, depositados en forma natural.

Para la presente investigación, se utilizó en el diseño de mezcla del concreto, agregado grueso proveniente de la Cantera “DULONG”, ubicada a 100m de la carretera panamericana norte, al costado del túnel de Coishco.

Los agregados gruesos para que puedan ser utilizados en la preparación del concreto de alta resistencia deben cumplir, aparte de los requisitos mínimos de las Normas, que proceda de rocas ígneas plutónicas de grano fino, que han enfriado en profundidad, con una dureza no menor a 7 y una resistencia en compresión no menor del doble de la resistencia que se desea alcanzar en el concreto.

Los agregados gruesos deben satisfacer los requerimientos mínimos que especifican las normas de control, siendo de vital importancia que sus propiedades físicas mantengan el margen de los límites pre establecidos en dichas normas de calidad.

Peso Unitario: El peso unitario del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario, el cual se expresa en kg/m³. El valor para agregados normales varía entre 1500 y 1700 kg/m³. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados, y en caso de proporcionarse el concreto por volumen. Se determinan dos (2) pesos unitarios. Peso unitario compactado (PUC) y el Peso Unitario Suelto (PUS).

Peso Específico: Esta propiedad es un indicador de la calidad del agregado; valores altos entre 2.5 a 2.8, corresponden a agregados de buena calidad, mientras que valores que el menor indicado son de mala calidad (porosos, débiles y absolutamente con mayor cantidad de agua, etc.).

Contenido de Humedad: Es la cantidad de agua que contiene el agregado grueso. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor (en porcentaje) la cantidad de agua del concreto varía.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 hrs.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

Absorción: Es la capacidad el agregado grueso de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/ cemento. También se define como la diferencia en el peso del material superficialmente seco y el peso del material secado en horno (24 horas), todo dividido entre el peso seco y todo multiplicado por 100.

Granulometría: La Granulometría se refiere a la distribución por tamaños de las partículas de los agregados.

El tamaño máximo del agregado para la elaboración de concreto de alta resistencia deberá ser mantenido en un mínimo, en el orden de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{8}$ ", no es recomendable emplear agregados de $\frac{3}{4}$ " y 1". También debe considerarse que los agregados de tamaño menor contribuyen a producir concretos de más alta resistencia debido a una menor concentración, alrededor de las partículas, de esfuerzos originados por una diferencia entre los módulos de elasticidad de la pasta y el agregado.

En el presente trabajo se utilizó piedra de $\frac{3}{4}$ " tomando como fuente los resultados que se obtuvieron en el trabajo de investigación de Hilario Gamboa, M. (2016).

Módulo de Finura: Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra, se usa para controlar la uniformidad de los agregados.

Se calcula como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, dividido entre 100.

Superficie Específica: Es la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso, para su determinación se consideran dos hipótesis que son: que todas las partículas son esféricas y que el tamaño medio de las partículas que pasan por un tamiz y quedan retenidas en el otro es igual al promedio de las aberturas.

Como último, pero no menos importante componente del concreto tenemos al agua. Este elemento es indispensable para la hidratación del cemento y del desarrollo de sus propiedades (curado). Por lo tanto, debe cumplir con ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tienen ciertas sustancias que puedan dañar al concreto.

Está prohibido el uso de aguas ácidas, calcáreas, minerales ya sea carbonatadas o minerales; aguas provenientes de minas, aguas que contengan residuos industriales, agua con contenido de sulfatos mayores al 1%, aguas que contengan algas, materia orgánica, humus o descargas de desagües, agua que contenga azúcares o sus derivados.

Tabla 5. Requisitos para Agua de mezcla

Descripción	Límite Permisible
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de Magnesio	150 ppm.
Sales Solubles Totales	1500 ppm.
Ph	Mayor de 7
Sólidos en Suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 ppm.

(Fuente: NTP 339.088. Requisitos de calidad del agua para el concreto)

En la presente investigación se empleará al concreto puzolánico, ya que es un concreto que consiste en el reemplazo parcial del cemento Portland por materiales con características puzolánicas.

La norma ASTM C 618 describe la puzolana como un material silíceo o silíceo y aluminoso, el cual en sí mismo posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividida (molida) y en presencia de humedad reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que sí poseen propiedades cementantes (Neville, 1999).

Las puzolanas deben prepararse correctamente, es decir, deben ser seleccionadas, homogeneizadas, secadas o tratadas térmicamente y pulverizadas, dependiendo de su estado de producción o de suministro. Dentro de su clasificación tenemos a dos:

Puzolana natural, que son normalmente materiales de origen volcánico o rocas sedimentarias con composición química y mineralógica adecuadas.

Puzolana Artificial, que son materiales activados por tratamiento térmico (calcinación).

En esta investigación se tomaron puzolanas artificiales, por un lado, a la ceniza de lodo de papel debido a su alto contenido de silicio y aluminio; por otro lado, al polvo de concha de abanico por su alto contenido de calcio.

En la búsqueda de ceniza de lodo de papel recurrí a diversas empresas papeleras, las cuales generan residuos sólidos de diversas tipologías, en función de la materia prima utilizada, los procesos específicos de cada fábrica y el producto final a comercializar.

Finalmente, ubiqué en el distrito de Santiago de Cao, provincia de Ascope, en el departamento de La Libertad, a la empresa papelera Trupal S.A, que es la única en el Perú que utiliza el bagazo de la caña de azúcar como la materia prima principal para la fabricación de papel (75% pasta de bagazo y 25% pasta de cartón reciclado). Por consiguiente, Trupal genera como residuos, lodos de papel principalmente a partir de la pulpa del bagazo de la caña de azúcar.

Trupal S.A inició sus operaciones el 27 de noviembre del año 1968 y forma parte del Grupo Gloria desde el 17 de febrero del 2006. Tiene una importante participación en el mercado nacional, con la fabricación de papel-cartón, abasteciendo a las

convertidoras de cajas tanto del grupo como de terceros y destinando el 50% de su producción al mercado de exportación, principalmente con el producto papel onda para corrugar (MSFE).

Los tipos de papel que produce son: Papel Trupak Extensible entre 80 - 100 g/m², Papel Medium Super Flute entre 90 - 250 g/m², Papel Kraft entre 75 - 90 g/m² y Cartón Liner entre 140 - 250 g/ m².

La guía de gestión de los residuos (fábricas de pasta, papel y cartón) ASPAPEL, (2008) hace referencia al desecho generado por la empresa dedicada a la producción de papel y afirma que, a diferencia de otros desechos, este brinda propiedades de resistencia, pues todo lo que es inservible en la fabricación papel se junta, se homogeniza y deshumedece para finalmente almacenarse.

Los residuos procedentes de la industria papelera por sus características presentan diferentes alternativas de gestión: vertedero, agricultura, cerámica, cementera, etc. De acuerdo con la información suministrada por la Asociación Española ASPAPEL revela que: a) el vertedero (48%) es el principal destino de estos residuos; b) seguido por el sector agrícola (28%); c) sector cerámico (13%); d) compostaje (6%), y finalmente, e) el sector cementero (7%), como materia prima para la fabricación de crudo y como combustible alternativo a los combustibles fósiles.

Según Rodríguez, O., Frías, M., Sánchez de Rojas, M. I., García, R., Vigil, R., en su investigación: “Efecto de la adición de lodos de papel activados térmicamente en las propiedades mecánicas y de porosidad de pastas de cemento”, las temperaturas para activar el lodo de papel van desde 700 hasta 800 °C, y se utilizan dos tiempos de permanencia en el horno, 2 y 5 horas. Así, se obtienen 5 lodos calcinados denominados LPC1- LPC5, que corresponden a las calcinaciones a 700 °C durante 2 horas (LPC1), 700 °C durante 5 horas (LPC2), 750 °C durante 2h (LPC3), y así sucesivamente.

Las composiciones químicas tanto del lodo de partida como de los lodos calcinados, determinados por FRX, aparecen en la figura siguiente:

Tabla 6. Características Químicas de los Lodos de Papel

óxidos	Lodo de Partida(%)	LPC1(%)	LPC2(%)	LPC3(%)	LPC4(%)	LPC5(%)
SiO ₂	18.01	30.2	33.4	34.9	34.7	35.7
Al ₂ O ₃	10.14	18	19.5	20.2	20.2	20.5
Fe ₂ O ₃	0.55	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
CaO	19.82	31.4	32.2	32.7	33.2	33.5
MgO	2.58	3.7	4.3	4.4	4.3	4.6
SO ₃	0.33	0.27	0.2	0.31	0.5	0.31
K ₂ O	0.21	0.32	0.29	0.32	0.32	0.33
Na ₂ O	0.25	0.21	0.16	0.19	0.19	0.2
TiO ₂	0.26	0.35	0.39	0.38	0.39	0.4
P ₂ O ₅	0.1	0.19	0.14	0.15	0.16	0.16
Cl	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
P.P.C	47.62	14.53	8.49	5.47	5.13	3.42

(Fuente: O. Rodríguez, M. Frías, M. I. Sánchez de Rojas, R. García, R. Vigil. Efecto de la adición de lodos de papel activados térmicamente en las propiedades mecánicas y de porosidad de pastas de cemento.)

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los lodos de papel están formados principalmente por sílice, alúmina y óxido de calcio.

En mi proyecto de Seminario de Tesis II, cuyo tema es: “Resistencia de un concreto sustituyendo al cemento en un 3% con ceniza de lodo de papel” (Hilario, M., 2016), realizado en la Universidad San Pedro de Chimbote, utilicé el lodo de papel de la empresa papelera Trupal S.A. y corroboré lo siguiente:

Activando térmicamente el de lodo de papel a 700°C durante 2 horas, se presenció en su análisis químico los componentes puzolánicos como el Silicio y el Aluminio en altos porcentajes, demostrando que la ceniza de lodo de papel es un material cementante.

Teniendo como Óxidos Principales (Según fuente: Laboratorio Labicer – Universidad Nacional de Ingeniería), a los siguientes:

Dióxido de Silicio, SiO₂ = 53.30%

Dióxido de Aluminio, Al₂O₃ = 27.83%

Óxido de Calcio, CaO = 2.22%

Además, se determinó mediante el ensayo de PH que la ceniza de lodo de papel con 3% de sustitución presenta un valor muy cercano al del Cemento Portland Tipo I, lo que constata que es un material alcalino.

La relación Agua / cemento tanto en el concreto patrón como en el concreto experimental son iguales, y además la suma de sus tres principales componentes es muy similar a la de un cemento convencional (Calcio, Silicio, y Aluminio).

Y en la comparación de resultados a los 28 días entre probetas patrones y experimentales, se concluyó que el concreto sustituyendo al cemento en un 3% supera en resistencia a compresión en 37.43%, lo que indica que la ceniza de lodo de papel mejora la resistencia a compresión del concreto en gran proporción.

Teniendo como fuente de todos estos análisis y resultados, en la presente tesis quiero corroborar si sustituyendo al cemento en mayor porcentaje por ceniza de lodo de papel y esta vez adicionando a la mezcla polvo de concha de abanico (fuente de calcio), se obtendrá una resistencia a compresión mayor o igual a la de un concreto convencional.

La concha de abanico será mi segunda puzolana artificial a estudiar, por la que puedo decir que es un molusco cuyas valvas tienen forma de abanico, se produce en zonas arenosas, algosas y de manglares, sobre fondo de roca, guijarro y grava. Se compone del tallo o callo, que es un molusco de color blanco, y de la gónada, también conocida como coral que es de color rojo. Además, tiene como nombre científico: *argopecten purpuratus*.

En el Perú existen numerosos bancos naturales de esta especie, tales como los de bahía de Sechura y Lobos de tierra en Piura, Bahía de Samanco y el Dorado de Chimbote, Bahía de Guaynuna en Casma y Bahía de Independencia y Paracas en Pisco. Se encuentran en aguas costeras entre 3 a 30 metros, con fondos variables; fondo blando, arena endurecida, de conchuela de algas y cascajo. Las conchas de abanico viven normalmente en bahías protegidas del oleaje a temperatura entre 14 a 20°C, esta especie requiere de agua bien oxigenada y con una salinidad de 34.4 a 34.9 por mil incluyendo este parámetro en el desarrollo, alimentación y reproducción.

El cultivo de concha de abanico en los últimos años, ha constituido en el principal producto de exportación de la acuicultura peruana, siendo los destinos tradicionales Francia, USA, Bélgica, entre otros.

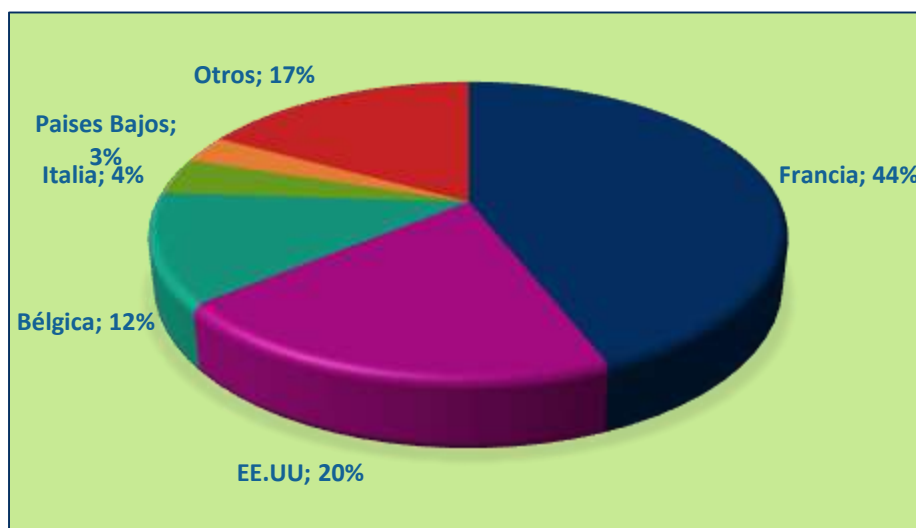


Figura 2. Principales Países importadores de conchas de abanico peruana 2014.
(Fuente: Ministerio de la Producción, Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2014)

Como toda actividad humana, el cultivo de concha de abanico también origina una serie de impactos ambientales (positivos y negativos), los mismos que puede beneficiar o perjudicar el ambiente en el cual se desarrolla la actividad.

Por un lado, los beneficios del cultivo de concha de abanico, si se han documentado, siendo los más destacados la generación de empleo y divisas, además de contribuir con zonas rurales y de aportar a la seguridad alimentaria.

En cuanto a los impactos negativos, el cultivo de concha de abanico en muchos casos viene dañando el ecosistema de las bahías, potenciado por prácticas insostenibles entre las cuales se incluye el arrojo de los desechos en las mismas zonas de cultivo.

Producción en el Perú:

En el Perú se pueden encontrar las conchas de abanico desde Paita hasta Ilo, sin embargo, la cosecha de conchas de abanico está fuertemente concentrada en las regiones de Piura y Ancash como se puede ver en la figura.

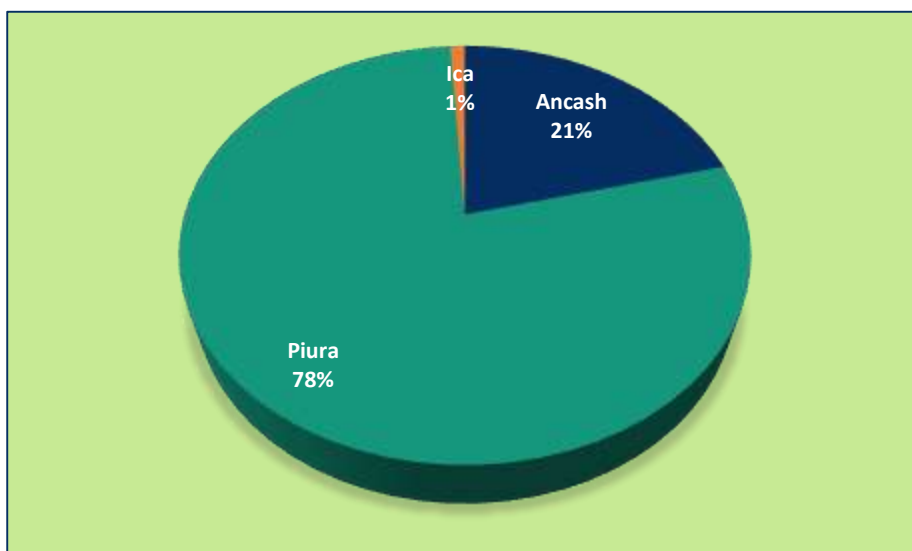


Figura 3. Producción de Conchas de abanico por regiones 2014.
 (Fuente: Ministerio de la Producción, Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2014)

La concesión mínima para que un proyecto de cultivo de conchas de abanico sea rentable esta entre 80 y 100 Has de cultivo. En marzo del 2011, existían aproximadamente 60 empresas dedicadas a la producción de conchas de abanico en unas dos mil hectáreas, quedando disponible aun unas cinco mil hectáreas para el desarrollo de la acuicultura entre Piura y Samanco (Chimbote).

Por tanto, se planteó como hipótesis lo siguiente:

Si sustituimos al cemento en un 10 y 15% por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico, se obtendrá un concreto con una resistencia a compresión mayor a un diseño patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Donde se tiene como objetivo general:

Determinar la resistencia a compresión de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sustituyendo al cemento en un 10 y 15% por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico, en comparación con el diseño de un concreto convencional.

Y como objetivos específicos:

Realizar el Análisis Térmico Diferencial (ATD) del Lodo de Papel y de la Concha de Abanico para dar con la temperatura de calcinación.

Desarrollar la Fluorescencia de Rayos X (FRX) del polvo de concha de abanico y de la ceniza del lodo de papel.

Realizar la prueba de PH (Grado de Alcalinidad) al concreto patrón y al concreto experimental.

Determinar la relación agua /cemento del concreto patrón y del concreto experimental.

Y ensayar la resistencia a compresión de las probetas patrón; con 10% y 15% de sustitución al cemento por la combinación de cenizas de lodo de papel y polvo de concha de abanico a los 7, 14 y 28 días de curado para comparar y analizar los resultados.

II. METODOLOGÍA




























El tipo de investigación es aplicada y explicativa, porque se quiere explicar cómo cambia o varía la resistencia a la compresión del concreto cuando se sustituye un porcentaje del cemento por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico.

Además, es de un enfoque cuantitativo, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente, midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos. En cuanto a la verificación de la hipótesis, debe ser demostrable por medios matemáticos y estadísticos.

El diseño de investigación es experimental, porque es un proceso en el cual estudiaremos el diseño convencional del concreto en comparación con el nuevo diseño elaborado con la sustitución de la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico, el estudio en su mayor parte se concentrará en las pruebas realizadas en el laboratorio, donde el investigador estará en contacto con los ensayos a realizar, obteniendo resultados de acuerdo a lo planteado en sus objetivos.

Siendo su diseño de investigación el siguiente:

Tabla 7. Diseño de Bloque Completo al Azar

Días de curado	Resistencia a compresión de un concreto sustituyendo al cemento por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico		
	Patrón	10%	15%
7			
			
			
14			
			
			
28			
			
			

(Fuente: Propia)

Como población tomé al conjunto de probetas cilíndricas de concreto, que serán elaboradas y estudiadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la universidad San Pedro y así poder fundamentar nuestra hipótesis. Donde tenemos como muestras a:

9 Probetas de Control que se realizarán con un diseño convencional y que serán evaluadas por el Ensayo de Compresión a los 7, 14 y 28 días.

9 Probetas de Experimentación donde se sustituirá 10% de cemento por la Combinación de ceniza de lodo de papel (7.5%) y polvo de concha de abanico (2.5%) evaluadas por el Ensayo de Compresión a los 7, 14 y 28 días.

9 Probetas de Experimentación donde se sustituirá 15% de cemento por la Combinación de ceniza de lodo de papel (10%) y polvo de concha de abanico (5%) evaluadas por el Ensayo de Compresión a los 7, 14 y 28 días.

Se aplicará como técnica la observación, ya que la percepción del material debe ser registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se debe poner por escrito lo antes posible. Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen, porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a compresión.

Los materiales usados en la elaboración de las unidades de estudio (probetas) fueron los siguientes:

Lodo de papel de la empresa papelería Trupal S.A. de Santiago de Cao – La Libertad.

Concha de abanico de Chimbote - Ancash.

La piedra de $\frac{3}{4}$ " y arena para el diseño de probetas se compró de la cantera "Dulong". Los materiales fueron llevados en sacos de polietileno al laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro sede Chimbote.

Y cemento portland Tipo I marca "Pacasmayo".

En cuanto al proceso y análisis de los datos, se detalla lo siguiente:

Para el lodo de papel:

Recolección: El material recolectado de las instalaciones de la fábrica papelera TRUPAL S.A. estaba almacenado en grandes rumas al aire libre, en estado semi seco, de color amarillento, y con aspecto a la del bagazo de caña de azúcar. Y finalmente extraje unos 60 Kg aproximadamente para luego convertirlos en Ceniza de Lodo de Papel.

Secado: El lodo de papel fue colocado en un área donde tuvo exposición directa de los rayos del sol durante 3 días y con una temperatura ambiente de 25°C aproximadamente. Los horarios que tuve a mi material en exposición al sol fueron de 9 am a 5:30 pm aproximadamente, ya que son las horas con más disposición de sol durante el día; en las horas restantes el material era almacenado en una habitación donde no entra la humedad de la noche.

Pre quemado: Para este paso se hizo uso de una vasija de arcilla (material que tiene la capacidad de resistir altas temperaturas), un encendedor de cocina y una varilla de acero limpia para remover el material dentro del recipiente cuando se encontraba en llamas. La Ceniza Pre quemada del Lodo de Papel tomó color negruzco.

Análisis Térmico Diferencial: Este proceso determinará los rangos de temperatura donde el material sufrirá cambios estructurales en su composición, cambios donde se pondrá a manifiesto sus principales óxidos componentes. Este ensayo se realizó en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.

Activación Térmica: Este proceso consiste en calcinar las cenizas del lodo de papel en una mufla a 700°C durante 2 horas, tomando en cuenta los antecedentes considerados en el presente trabajo y el análisis térmico diferencial. La mufla que utilicé se encuentra en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

Tamizado con Tela Organza: Las partículas de la ceniza finalmente calcinada, aun no tienen el mismo tamaño que las partículas del cemento (75 μm aproximadamente), por esta razón es que la tamizamos de manera previa por la Tela Organza.

Tamizado por la Malla N° 200: Finalmente, para alcanzar el mismo tamaño de partícula que la del cemento (75 μm), la ceniza calcinada que pasó la tela Organza la pasé por la malla N°200 y obtuve mi material que sustituirá al cemento, al que denominaremos como ceniza de lodo de papel.

Ensayo de Fluorescencia de Rayos X: Este ensayo permitirá conocer la composición química de la Ceniza de Lodo de Papel. Ensayo que se realizó en el Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ensayo de PH: Este método de ensayo utilicé para determinar la acidez o alcalinidad de la Ceniza de Lodo de Papel. Ensayo que se desarrolló en el laboratorio COLECBI, ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote.

Para la concha de abanico:

Recolección: Se recolectó aproximadamente 5 kilogramos de conchas de abanico del desembarcadero de la ciudad de Chimbote, las cuales eran frescas, de tamaño moderado y con ausencia de desechos o materiales extraños.

Lavado y Secado: Se lavaron con agua potable tres veces, luego se colocaron bajo techo para su secado de forma natural.

Trituración: Se trituró dos veces al material. La primera se realizó en un batán, dejando a la concha lo más triturada posible. En la segunda, lo que paso por el batán, se colocó en un molino de mano, dejando a la muestra con granos muy pequeños. Para este proceso se tuvo muy presente la limpieza externa e interna de los aparatos utilizados.

Análisis Térmico Diferencial: Este proceso determinará los rangos de temperatura donde el material sufrirá cambios estructurales en su composición, cambios donde se pondrá a manifiesto sus principales óxidos componentes. Este ensayo se realizó en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.

Activación Térmica: Se calcinó la concha de abanico resultante de la trituración, en una mufla a 900°C durante 1 hora, tomando en cuenta los antecedentes considerados en el presente trabajo y el análisis térmico diferencial. La mufla que utilicé se encuentra en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro.

Tamizado con Tela Organza: Las partículas de la concha de abanico finalmente calcinada, aun no tienen el mismo tamaño que las partículas del cemento (75 μm aproximadamente), por esta razón es que la tamizamos de manera previa por la tela Organza.

Tamizado por la Malla N° 200: Finalmente, para alcanzar el mismo tamaño de partícula que la del cemento (75 μm), la concha de abanico calcinada que pasó la tela Organza la pasé por la malla N°200 y obtuve mi material que sustituirá al cemento, al que denominaremos como polvo de concha de abanico.

Ensayo de Fluorescencia de Rayos X: Este ensayo permitirá conocer la composición química del polvo de concha de abanico. Ensayo que se realizó en el Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Ensayo de PH: Este método de ensayo se utilizó para determinar la acidez o alcalinidad del polvo de concha de abanico, así mismo de la ceniza de lodo de papel, del cemento Portland Tipo I (marca Pacasmayo) y de sus diferentes combinaciones (según porcentajes de sustitución del cemento). Ensayos que se desarrollaron en el laboratorio COLECBI, ubicado en el distrito de Nuevo Chimbote.

Para los agregados:

Recolección: La cantera Dulong fue la elegida para la extracción de la arena gruesa y de la piedra de 3/4”.

Ensayo: Se desarrollaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro y me permitió conocer las propiedades físicas y mecánicas necesarias para el diseño de a la mezcla. Los ensayos desarrollados fueron:

Granulometría del Agregado Fino

Granulometría del Agregado Grueso

Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso

Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

Ensayo de Humedad del Agregado Fino y Grueso

Gravedad Específica del Agregado Fino y Grueso

Diseño de Mezcla: De los ensayos de laboratorio realizados a los agregados se obtuvo el siguiente diseño.

Tabla 8. Diseño de Mezcla.

Elementos	Medidas (Kg)
Piedra 3/4”	6.041
Arena Gruesa	6.038
Agua	1.333
Cemento Pacasmayo Tipo I	1.931
Relación a/c	0.690

(Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro - Chimbote)

Para el concreto:

Elaboración, Curado y Acondicionamiento de las Probetas Patrón y experimentales:

Las mezclas se elaboraron siguiendo el procedimiento que establece la norma ASTM C 31. Se utilizó una mezcladora eléctrica con capacidad de 3.5 pies³, se utilizó una varilla con punta redonda lisa de ½” para compactar y llenar los moldes de metal (previamente forrados con cinta de embalaje) en tres capas y dando 25 golpes respectivamente.

En resumen, se elaboraron 9 probetas de concreto patrón, 9 probetas de concreto con 15% de sustitución de cemento y 9 probetas de concreto con 10% de sustitución de cemento. A cada probeta se le asignó un número de registro.

Una vez que se elaboraron las probetas, al siguiente día se desencofraron, se tomaron los pesos y diámetros de cada probeta para luego curarlas manteniéndolas sumergidas en un cilindro de agua hasta que cumplieron la edad de ensayo 7, 14 y 28 días de curado.

Ensayos del Concreto en Estado Fresco: El cono de Abrams es el ensayo que se realiza al hormigón en su estado fresco, para medir su consistencia (fluidez del hormigón).

El ensayo consiste en rellenar un molde metálico troncocónico de dimensiones normalizadas, en tres capas apisonadas con 25 golpes de varilla – pisón y, luego de retirar el molde, medir el asentamiento que experimenta la masa de hormigón colocada en su interior.

Ensayos del Concreto en Estado Endurecido: Resistencia a Compresión. Desarrollado según la norma ASTM C 39 tanto para las probetas con concreto patrón, como también para las probetas con concreto sustituyendo al cemento en un 10 y 15% por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico.

La máquina que se utilizó para el ensayo de probetas fue la prensa hidráulica marca ELE INTERNACIONAL de capacidad de 100 000 Kg.f.

Todos estos ensayos se desarrollaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro. Finalmente, los resultados fueron sometidos a pruebas estadísticas a cargo de un metodólogo.

III. RESULTADOS

Para el lodo de papel:

Proceso de calcinación y obtención de la ceniza de lodo de papel: para el pre quemado utilicé 52 Kg de lodo de papel en su estado natural y resultó 6.136 Kg de Ceniza Pre quemada (se redujo 88.2%).

Los 6.136 Kg de Ceniza Pre quemada lo calciné a 700°C durante 2 horas y resultó 4.621 Kg de Ceniza Calcinada (se redujo 24.69%).

Los 4.621 Kg de Ceniza Calcinada lo tamicé por la tela Organza y sólo pasaron 4.430 Kg, desechando 191 gr de ceniza calcinada (se redujo 4.12%).

Finalmente, los 4.430 Kg que pasaron la Tela Organza lo volví a tamizar, por la malla N° 200 y resultaron 3.547 Kg de Ceniza Calcinada con tamaño de partículas de 75 µm (se redujo 19.91%). Esta Ceniza es la que finalmente utilizaré en la sustitución del cemento.

Análisis Térmico Diferencial: Estableció que hay gran probabilidad de sufrir cambios estructurales y en las propiedades de la ceniza de lodo de papel a partir de los 400°C.

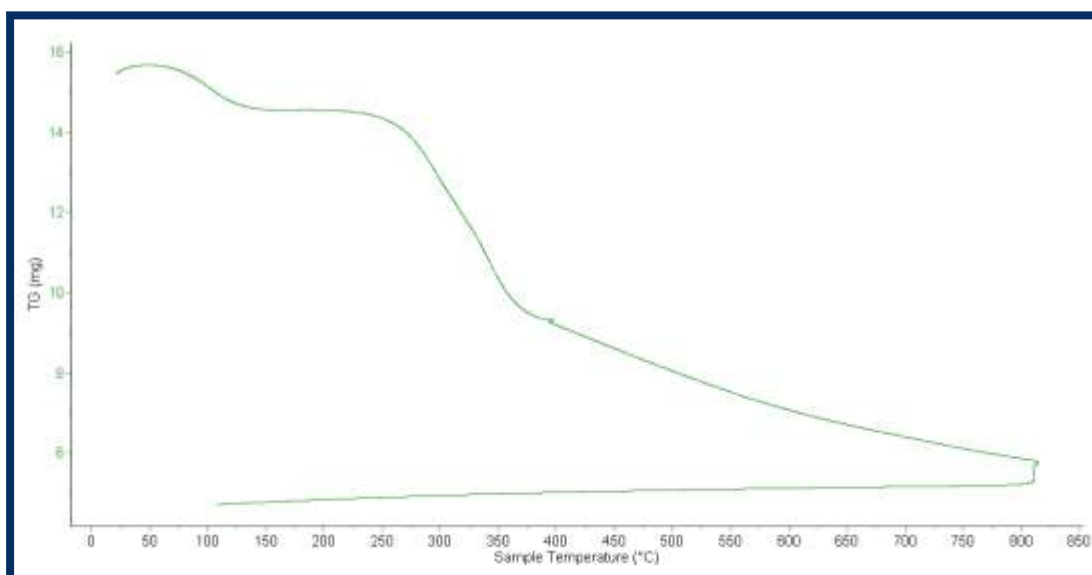


Figura 4. curva de pérdida de masa – análisis termo gravimétrico de la ceniza de lodo de papel.
(Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo)

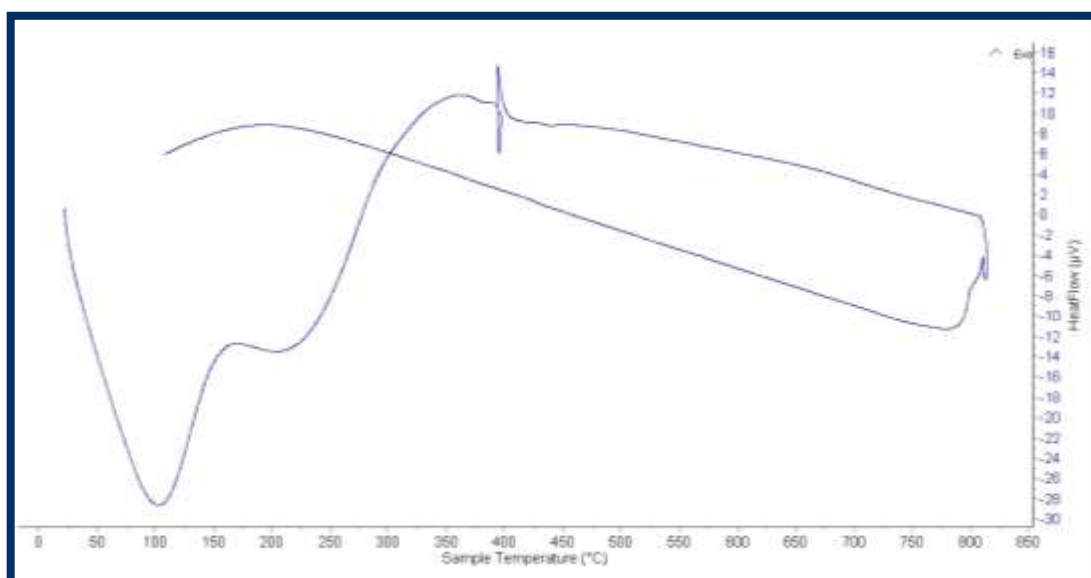


Figura 5. curva calorimétrica de la ceniza de lodo de papel
(Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo)

Ensayo de Fluorescencia de Rayos X: Este ensayo estableció la composición Química de la Ceniza de Lodo de Papel activada térmicamente a 700°C durante 2 horas.

Teniendo como Óxidos Principales a los siguientes (véase Anexo 03):

Tabla 9. Óxidos principales de la ceniza de lodo de papel en comparación con el cemento Portland Tipo I

Óxidos	Ceniza de Lodo de Papel	Cemento Portland Tipo I “Pacasmayo”
Dióxido de Silicio, SiO ₂	69.341 %	21.00 %
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	15.220 %	6.5 %
Óxido de Calcio, CaO	4.938 %	62.5 %
Hierro, Fe ₂ O ₃	5.865 %	2.5 %
Óxido de Potasio, K ₂ O	2.470 %	0.25 – 1.5 %

(Fuente: Laboratorio de Arqueometría - Universidad Nacional Mayor de San Marcos)

Ensayo de Peso Específico: Para este ensayo se tomó como muestra 64gr de 100% de ceniza de lodo de papel, el cual sumergimos en gasolina utilizando el Frasco de Le Chaletier, obteniendo como resultado un peso específico de 3.20.

Para la concha de abanico:

Proceso de calcinación y obtención del polvo de concha de abanico: Del desembarcadero de Chimbote recolecté 5 Kg aproximadamente de conchas de abanico, las cuales eran frescas, de tamaño moderado y con ausencia de desechos o materiales extraños.

Trituré 3.000 Kg de concha de abanico en su estado natural y resultó 2.700 Kg.

Los 2.700 Kg de Concha Triturada lo calciné a 900°C durante 1 hora y resultó 2.520 Kg de Concha Calcinada.

Los 2.520 Kg de Concha Calcinada lo tamicé por la tela Organza y sólo pasaron 2.160 Kg, desechando 300 gr.

Finalmente, los 2.160 Kg que pasaron la Tela Organza lo volví a tamizar, pero por la malla N° 200 y resultaron 1.680 Kg de polvo de concha de abanico con un tamaño de partículas de 75 μm . Este polvo es el que finalmente utilizaré en la sustitución del cemento.

Análisis Térmico Diferencial: Estableció que hay gran probabilidad de sufrir cambios estructurales y en las propiedades de la ceniza de lodo de papel a partir de los 900°C.

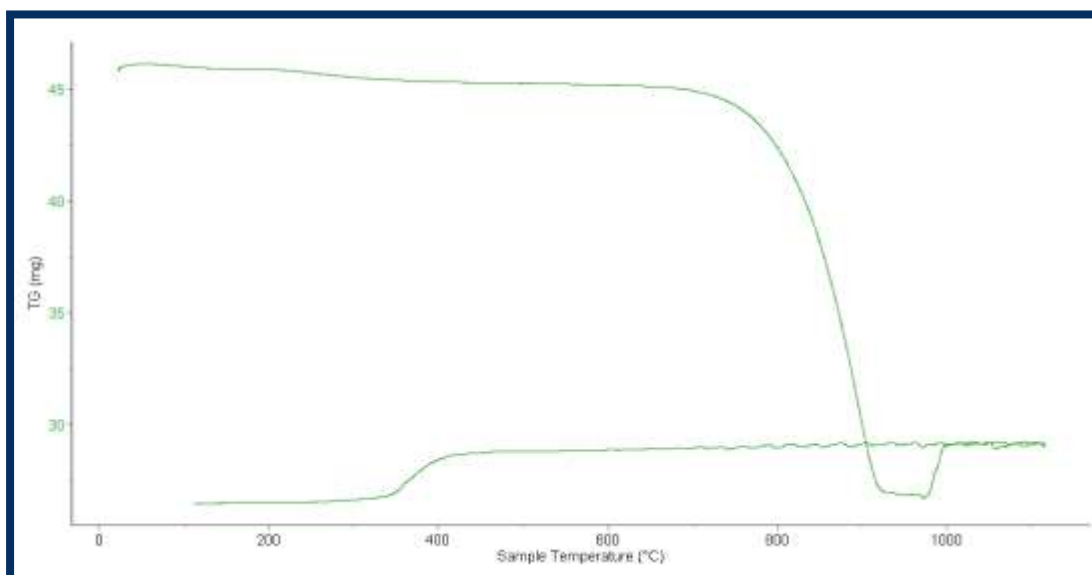


Figura 6. curva de pérdida de masa – análisis termo gravimétrico del polvo de concha de abanico.
(Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo)

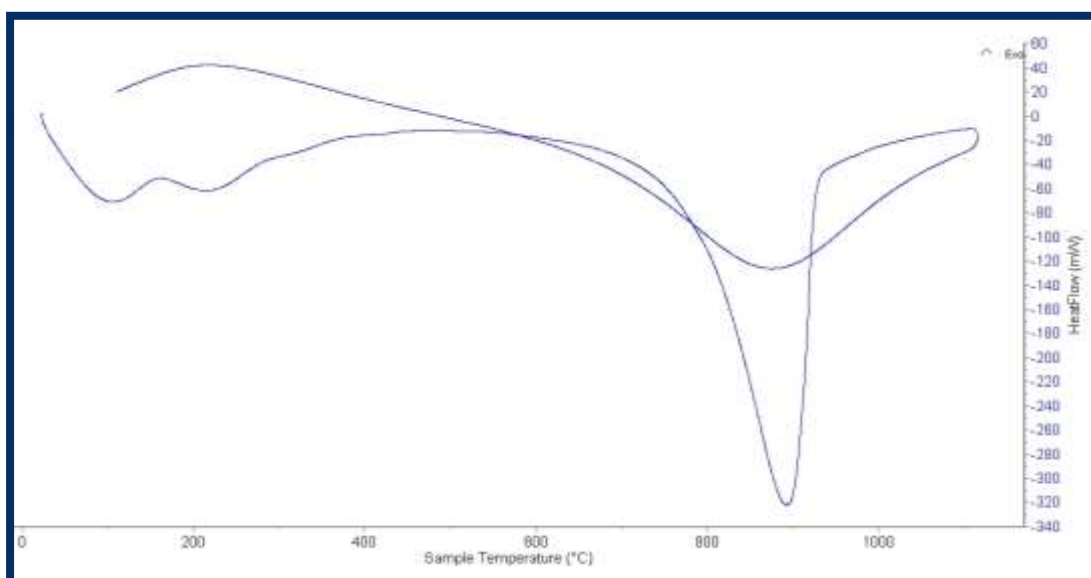


Figura 7. curva calorimétrica del polvo de concha de abanico
(Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo)

Ensayo de Fluorescencia de Rayos X: Este ensayo estableció la composición Química de la Ceniza de Lodo de Papel activada térmicamente a 900°C durante 1 hora.

Teniendo como Óxidos Principales a los siguientes (véase Anexo 04):

Tabla 10. Óxidos principales del polvo de concha de abanico en comparación con el cemento Portland Tipo I

Óxidos	Ceniza de Lodo de Papel	Cemento Portland Tipo I “Pacasmayo”
Dióxido de Silicio, SiO_2	2.641 %	21.00 %
Trióxido de Aluminio, Al_2O_3	22.774 %	6.5 %
Óxido de Calcio, CaO	73.272 %	62.5 %
Hierro, Fe_2O_3	0.024 %	2.5 %
Óxido de Potasio, K_2O	0.020 %	0.25 – 1.5 %

(Fuente: Laboratorio de Arqueometría - Universidad Nacional Mayor de San Marcos)

Ensayo de Peso Específico: Para este ensayo se tomó como muestra 64gr de 100% de polvo de concha de abanico, el cual sumergimos en gasolina utilizando el Frasco de Le Chaletier, obteniendo como resultado un peso específico de 2.896.

En el Ensayo de Ph tenemos:

Tabla 11. Ensayo de Ph	
Materiales	Ph
Ceniza de Lodo de Papel	6.90
Polvo de Concha de Abanico	13.47
Cemento sustituido en un 15% por la combinación de Ceniza de Lodo de Papel y Polvo de Concha de Abanico	13.93
Cemento sustituido en un 10% por la combinación de Ceniza de Lodo de Papel y Polvo de Concha de Abanico	14.01

(Fuente: Laboratorio Colecbi – Nuevo Chimbote)

En el diseño de mezcla la dosificación para 10 probetas de concreto patrón es:

Cemento	= 1.931	x	10	= 19.310 Kg
Agua	= 1.333	x	10	= 13.330 L
Arena Gruesa	= 6.038	x	10	= 60.380 Kg
Piedra ¾"	= 6.041	x	10	= 60.410 Kg

Donde la relación agua / cemento es igual a 0.690

La dosificación para 10 probetas de concreto experimental con 10% de sustitución de cemento es:

Combinación	= 1.931 Kg	⇐ (10% de 19.310 Kg)
Ceniza de lodo de papel	= 1.448 Kg	
Polvo de Concha de Abanico	= 0.483 Kg	
Cemento	= 17.379 Kg	
Agua	= 13.330 L	+ 0.300 L
Arena gruesa	= 60.380 Kg	
Piedra ¾"	= 60.410 Kg	

Donde la relación agua / cemento es igual a 0.706

La dosificación para 10 probetas de concreto experimental con 15% de sustitución de cemento es:

Combinación	= 2.897 Kg	⇐ (15% de 19.310 Kg)
Ceniza de lodo de papel	= 1.931 Kg	
Polvo de Concha de Abanico	= 0.966 Kg	
Cemento	= 17.379 Kg	
Agua	= 13.330 L + 0.400 L	
Arena gruesa	= 60.380 Kg	
Piedra $\frac{3}{4}$ "	= 60.410 Kg	

Donde la relación agua / cemento es igual a 0.711

Para el concreto:

Ensayo del Concreto en Estado Fresco: El asentamiento se determinó mediante el cono de Abrams.

Para el concreto patrón, el derrumbamiento del cono de hormigón originó un asentamiento de 3".

Para el concreto con 10% de sustitución de cemento, el derrumbamiento del cono de hormigón originó un asentamiento de 3".

Y para el concreto con 15% de sustitución de cemento, el derrumbamiento del cono de hormigón originó un asentamiento de 3".

Ensayo del Concreto en Estado Endurecido: Para el ensayo a compresión de las probetas, se tomaron pesos antes y después de su curado (según edades). Así mismo, se tomaron tres medidas de diámetro de cada probeta, de las cuales se obtuvo el promedio y se halló el área.

Para el concreto patrón, los pesos de probetas antes y después del curado fueron:

Tabla 12. Pesos antes y después de ensayo de probetas patrones

Probetas	W1	W2
P1	13.412	13.500
P2	13.398	13.490
P3	13.420	13.510
P4	13.415	13.500
P5	13.427	13.510
P6	13.432	13.515
P7	13.440	13.515
P8	13.435	13.515
P9	13.430	13.510

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Donde:

W1= peso antes de ensayo a compresión, medido en kilogramos

W2 = peso después de ensayo a compresión, medido en kilogramos

Los diámetros tomados después del curado fueron:

Tabla 13. Diámetros de Probetas patrones antes de ser ensayadas a compresión.

Probetas	D1	D2	D3	Promedio
P1	14.80	14.70	14.80	14.77
P2	14.80	14.80	14.70	14.77
P3	14.80	14.80	14.80	14.80
P4	15.00	15.10	14.90	15.00
P5	15.00	15.10	15.00	15.03
P6	15.20	14.90	15.10	15.07
P7	15.30	15.30	15.30	15.30
P8	15.30	15.20	15.20	15.23
P9	15.20	15.20	15.10	15.17

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Donde D1, D2 Y D3 son los diámetros tomados en centímetros, así como también el promedio de todos ellos.

Después del curado, las probetas fueron ensayadas a compresión utilizando las siguientes fórmulas:

Fórmula del Área

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

A = Área (cm²)

D = Diámetro (cm)

Fórmula de la Fuerza a Compresión

$$F'c = \frac{F}{A}$$

Donde:

F = Fuerza (Kg)

A = Área (cm²)

F'c = Fuerza a Compresión (Kg/cm²)

Para los 7 días de curado los resultados fueron:

Tabla 14. Resistencia de Probetas Patrón a los 7 días de curado

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P1	13.500	14.77	171.25	28 040	163.65	
P2	13.490	14.77	171.25	27 390	159.86	162.65
P3	13.510	14.80	171.95	28 290	164.44	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para los 14 días de curado los resultados fueron:

Tabla 15. Resistencia de Probetas Patrón a los 14 días de curado

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P4	13.500	15.00	176.63	32 890	186.12	
P5	13.510	15.03	177.33	33 390	188.19	189.84
P6	13.515	15.07	178.28	34 820	195.21	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para los 28 días de curado los resultados fueron:

Tabla 16. Resistencia de Probetas Patrón a los 28 días de curado

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P7	13.515	15.30	183.85	39 780	216.37	
P8	13.515	15.23	182.18	39 210	215.23	214.94
P9	13.510	15.17	180.74	38 540	213.23	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Tabla 17. Resistencia a la compresión de probetas patrón según días de curado.

Días	F'c Promedio (Kg/cm ²)	Porcentajes	Variación
7	162.65	77.45 %	
			12.95 %
14	189.84	90.40 %	
			11.95 %
28	214.94	102.35 %	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

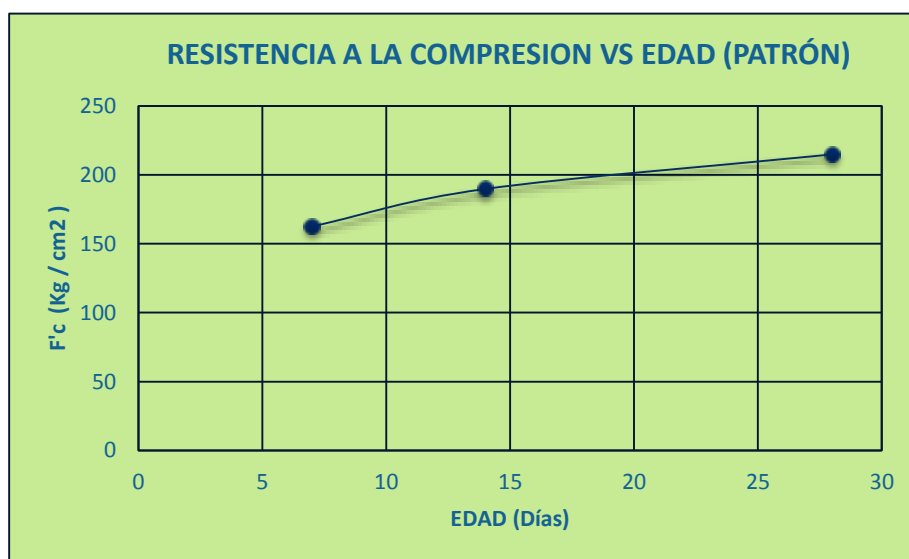


Figura 8. Resistencia a la compresión vs edad de probetas patrón.

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para el concreto experimental sustituyendo al cemento en 10% por ceniza de lodo de papel y concha de abanico, los pesos de probetas antes y después del curado fueron:

Tabla 18. Pesos antes y después de ensayo de probetas con 10% de sustitución de cemento

Probetas	W1	W2
P1	13.410	13.500
P2	13.311	13.400
P3	13.325	13.450
P4	13.314	13.400
P5	13.316	13.400
P6	13.330	13.450
P7	13.413	13.500
P8	13.320	13.410
P9	13.336	13.450

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Donde:

W1= peso antes; W2 = peso después de ensayo a compresión, medido en kilogramos

Los diámetros tomados después del curado fueron:

Tabla 19. Diámetros de Probetas con 10% de sustitución de cemento antes de ser ensayadas a compresión

PROBETAS	D1	D2	D3	PROMEDIO
P1	15.10	14.90	15.10	15.03
P2	14.90	14.90	14.90	14.90
P3	15.00	14.80	15.00	14.93
P4	15.00	15.00	14.90	14.97
P5	15.00	15.00	14.90	14.97
P6	15.20	15.00	15.10	15.10
P7	15.00	15.10	15.00	15.03
P8	14.80	14.80	15.10	14.90
P9	15.00	14.80	14.90	14.90

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Donde D1, D2 Y D3 son los diámetros tomados en centímetros, así como también el promedio de todos ellos.

Para los 7 días de curado los resultados en el ensayo a compresión fueron:

Tabla 20. Resistencia a los 7 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 10%

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P1	13.500	15.03	177.33	32 580	183.63	
P2	13.400	14.90	174.28	31 520	180.77	181.77
P3	13.450	14.93	174.98	31 670	180.90	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para los 14 días de curado los resultados en el ensayo a compresión fueron:

Tabla 21. Resistencia a los 14 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 10%

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P4	13.400	14.97	175.92	36 440	207.04	
P5	13.400	14.97	175.92	36 100	205.10	207.39
P6	13.450	15.10	178.99	37 610	210.02	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para los 28 días de curado los resultados en el ensayo a compresión fueron:

Tabla 22. Resistencia a los 28 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 10%

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P7	13.500	15.03	177.33	42 490	239.48	
P8	13.410	14.90	174.28	40 760	233.76	236.76
P9	13.450	14.90	174.28	41 330	237.03	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Tabla 23. Resistencia a la compresión de probetas experimentales sustituyendo al cemento en 10%, según días de curado.

Días	F'c Promedio (Kg/cm ²)	Porcentajes	Variación
7	181.77	86.56 %	
			12.20 %
14	207.39	98.76 %	
			13.98 %
28	236.76	112.74 %	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

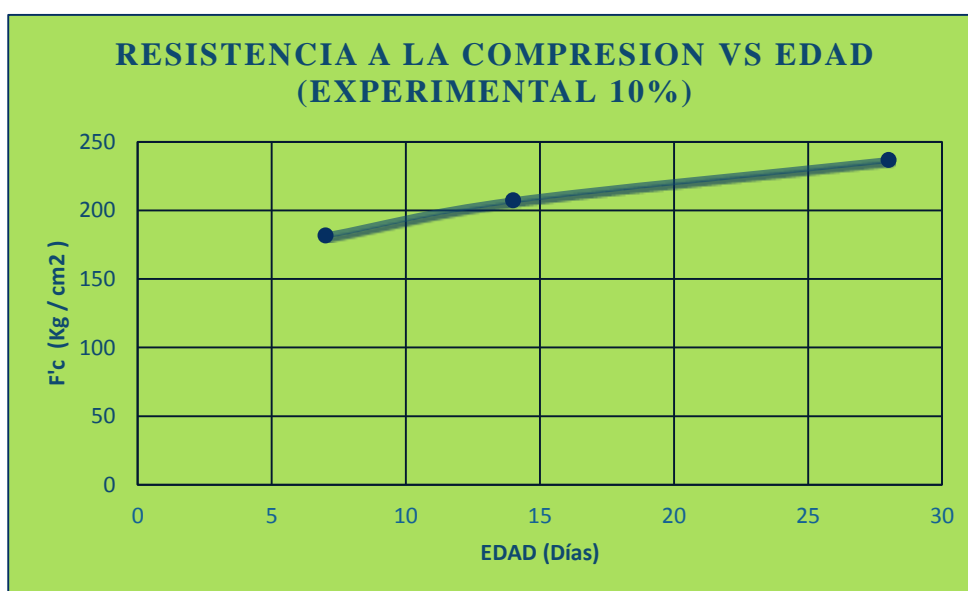


Figura 9. Resistencia a la compresión vs edad de probetas experimental sustituyendo al cemento en 10%.

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)



Figura 10. Relación entre resultados promedio. Patrón vs probetas experimentales sustituyendo al cemento en 10%.

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para el concreto experimental sustituyendo al cemento en 15% por ceniza de lodo de papel y concha de abanico, los pesos de probetas antes y después del curado fueron:

Tabla 24. Pesos antes y después de ensayo de probetas con 15% de sustitución de cemento

Probetas	W1	W2
P1	13.110	13.200
P2	13.111	13.200
P3	13.125	13.200
P4	13.000	13.100
P5	13.016	13.150
P6	13.130	13.250
P7	13.013	13.150
P8	13.020	13.150
P9	13.036	13.150

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Donde:

W1= peso antes del curado en kilogramos

W2 = peso después del curado en kilogramos

Los diámetros tomados después del curado fueron:

Tabla 25. Diámetros de Probetas con 15% de sustitución de cemento antes de ser ensayadas a compresión

PROBETAS	D1	D2	D3	PROMEDIO
P1	14.80	14.80	14.80	14.80
P2	15.00	14.90	14.90	14.93
P3	15.00	14.90	15.00	14.96
P4	15.00	14.80	14.90	14.90
P5	15.00	14.80	14.90	14.90
P6	14.90	15.00	15.00	14.96
P7	15.00	15.10	15.10	15.06
P8	15.00	15.00	15.10	15.03
P9	15.00	15.00	14.90	14.97

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Donde D1, D2 Y D3 son los diámetros tomados en centímetros, así como también el promedio de todos ellos.

Para los 7 días de curado los resultados en el ensayo a compresión fueron:

Tabla 26. Resistencia a los 7 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 15%

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P1	13.200	14.80	171.95	23 290	135.38	
P2	13.200	14.93	174.98	24 900	142.23	140.23
P3	13.200	14.96	175.68	25 150	143.08	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para los 14 días de curado los resultados en el ensayo a compresión fueron:

Tabla 27. Resistencia a los 14 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 15%

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P4	13.100	14.90	174.28	30 660	175.84	
P5	13.150	14.90	174.28	30 940	177.44	176.83
P6	13.250	14.96	175.68	31 150	177.22	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Para los 28 días de curado los resultados en el ensayo a compresión fueron:

Tabla 28. Resistencia a los 28 días de curado de Probetas Experimentales sustituyendo al cemento en un 15%

Probetas	Peso (Kg)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Fuerza (Kg)	F'c (Kg/cm ²)	F'c Promedio (Kg/cm ²)
P7	13.150	15.06	178.04	36 990	207.66	
P8	13.150	15.03	177.33	37 110	209.16	207.31
P9	13.150	14.97	175.92	36 100	205. 10	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

Tabla 29. Resistencia a la compresión de probetas experimentales sustituyendo al cemento en 15%, según días de curado.

Días	F'c Promedio (Kg/cm ²)	Porcentajes	Variación
7	140.23	66.78 %	
			17.43 %
14	176.83	84.21 %	
			14.51 %
28	207.31	98.72 %	

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

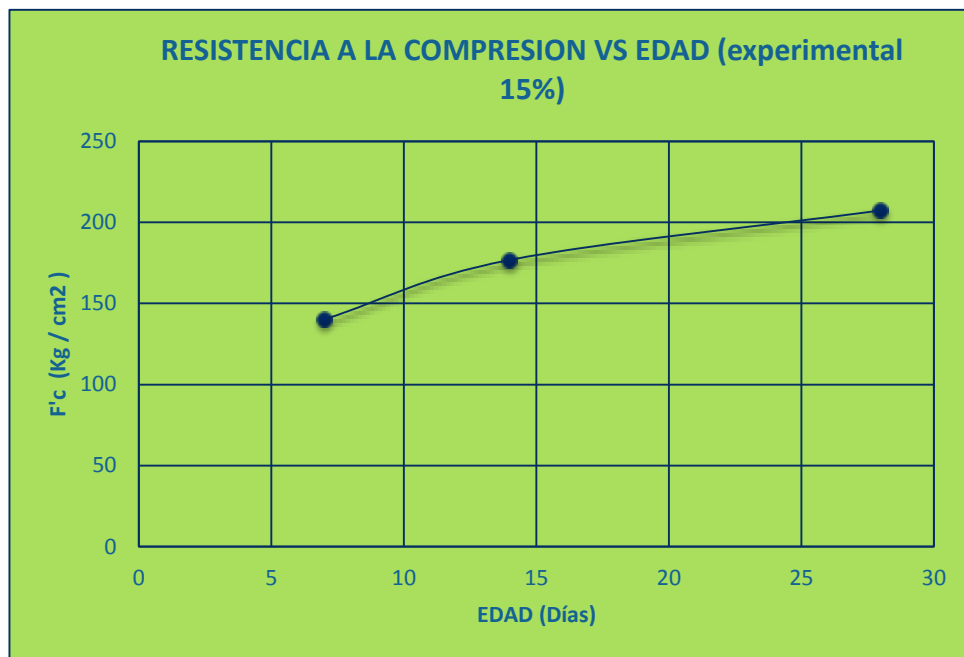


Figura 11. Resistencia a la compresión vs edad de probetas experimental sustituyendo al cemento en 15%.
(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)



Figura 12. Relación entre resultados promedio. Patrón vs probetas experimentales sustituyendo al cemento en 15%.
(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

De las pruebas estadísticas, según los resultados obtenidos de los ensayos a compresión tenemos:

Tabla 30. Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con una sustitución de cemento por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico según días de curado.

Días de curado	Resistencia de concreto con sustitución de cemento por una combinación		
	Patrón	10%	15%
7	162.65	181.77	140.23
14	189.84	207.39	176.83
28	214.94	236.76	207.31

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

En la tabla 30 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro - Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas para cada tratamiento (sustitución de cemento por una combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 31. Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución de cemento	1858,222	2	929,111	8,828	0,034
Días de curado	7494,189	2	3747,094	35,604	0,003
Error	420,974	4	105,243		
Total	9773.385	8			

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

En la tabla 31 se puede visualizar que el $p\text{-value} < \alpha$ ($0.034 < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en las probetas, con sustitución de cemento por una combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico (Patrón, 10% y 15%) son diferentes.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($0.003 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas son diferentes a consecuencias de los días de curado.

También se realizó la prueba de Duncan, donde se obtuvo lo siguiente

Tabla 32. Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuálde las resistencias de las probetas de concreto es diferente.

Sustitución	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
15% sustitución	174.8767	
Patrón		200.9033
10% sustitución		208.4100

(Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP)

10% de sustitución	208.4100..... a
Patrón	200.9033..... a
15% de sustitución	174.8767..... b

En la tabla 32, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las probetas de concreto que tienen mayor resistencia son cuando se sustituye el 10% de cemento y las probetas patrones, y es menor cuando se sustituye el cemento en 15% por una combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El antecedente con resultados más positivos en cuanto a la activación de la ceniza de lodo de papel, lo realicé en el año 2016, en mi trabajo de investigación denominado “Resistencia de un concreto sustituyendo al cemento en un 3% con ceniza de lodo de papel”, donde obtengo como suma de los principales óxidos (óxido de silicio, aluminio y calcio) un 83.35% calcinándolo a 700°C durante 2 horas. Ahora en la presente investigación la suma de los principales óxidos llegó a 89.50%, una pequeña pero positiva variación en aumento, que se obtuvo calcinando la ceniza de lodo de papel durante el mismo tiempo y con la misma temperatura.

A diferencia de mi trabajo realizado el año 2016, esta vez realicé el Análisis Térmico Diferencial de la ceniza de papel, en donde se pudo observar con más exactitud el porcentaje de pérdida de masa durante la calcinación y el rango de temperatura desde donde empezaría a sufrir cambios en sus propiedades y en su estructura.

De la figura 04, según la curva Termo-gravimétrica, se muestra que hay una pérdida de masa en total de aproximadamente 60% respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.

Y de la figura 05, según al análisis calorimétrico hay gran probabilidad de sufrir cambios estructurales y en las propiedades de la ceniza de lodo de papel a partir de los 400°C, estando mi temperatura de calcinación (700°C) en relación con este dato.

Para la elección del tiempo de calcinación de la ceniza de lodo de papel, aparte de mi trabajo de investigación “Resistencia de un concreto sustituyendo al cemento en un 3% con ceniza de lodo de papel”, consideré también como antecedente a Rodríguez, O., Frías, M., Sánchez de Rojas, M. I., García, R., Vigil, R. (2009), donde indican como condición de calcinación más idónea de todas las que estudiaron, desde el punto de vista tanto puzolánico como energético, los 700 °C durante 2 h.

Comparando los componentes químicos del cemento y los de la ceniza de lodo de papel de la tabla 9, podemos decir que:

La ceniza de lodo de papel cuenta en mayor porcentaje con Dióxido de Silicio, superando al cemento portland tipo I en un 48.341%.

También cuenta con alto porcentaje de Trióxido de Aluminio, sobrepasando al contenido del cemento Portland Tipo I en 8.72%.

Por otro lado, la ceniza cuenta con bajo porcentaje de Óxido de Calcio, a diferencia del elevado contenido que tiene el cemento Portland Tipo I, siendo la diferencia de un 57.562%. La ceniza de lodo de papel tiene un porcentaje mayor en cuanto al hierro, sobrepasándolo en 3.365%.

Además, el porcentaje de Óxido de Potasio en mi ceniza es moderado, un 2.47%, en comparación con el porcentaje que cuenta el cemento Portland Tipo I, de 0.25 a 1.5%, lo que podría influir en la absorción de agua en el concreto, pero también el contenido de materiales puzolánicos en la ceniza es mayor que en el cemento, lo que podría balancear la relación agua/cemento.

Analizando los resultados se concluye que entre los 3 principales óxidos de la ceniza calcinada (SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3) suman 90.426%, dando lugar a un material altamente puzolánico; además en presencia de humedad y de óxido de calcio forman un compuesto con propiedades cementantes (Según ASTM C 618).

Para el polvo de concha de abanico, tome como antecedentes más relevantes a Vega Zegarra, G. (2016) y Chero Huamán, A. (2017). Estos dos autores calcinaron la concha de abanico a 900°C durante 4 horas y 800°C durante 50 minutos respectivamente, obteniendo resultados más favorables Chero Huamán con 99.46% de CaO .

Así mismo desarrollé el Análisis Térmico Diferencial (DTA). De la figura 06 según la curva Termo-gravimétrica se muestra que hay una pérdida de masa en total de aproximadamente 45% respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.

Mientras que de la figura 07, de acuerdo al análisis calorimétrico hay gran probabilidad de sufrir cambios estructurales y en las propiedades del polvo de concha de abanico a partir de los 900°C. Según este análisis y tomando en cuenta también el antecedente

de Chero Huamán, consideré como temperatura y tiempo de calcinación más idóneo, los 900°C durante 1 hora para activar los óxidos.

El resultado de esta calcinación se plasmó en el Ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX), de donde principalmente se puede decir que el porcentaje de óxido de calcio en comparación con lo que obtuvo Chero Huamán fue menor en 26.19%, pero en comparación con el cemento Portland Tipo I se obtuvo resultados muy positivos:

Cuenta con alto porcentaje de Trióxido de Aluminio, sobrepasando al contenido del cemento Portland Tipo I en 16.27%.

Por otro lado, el polvo de concha de abanico es mayor en contenido de Óxido de Calcio que el cemento Portland Tipo I, siendo la diferencia en 10.77%.

Además, el porcentaje de Óxido de Potasio en el polvo de concha de abanico es similar a la del cemento Portland Tipo I, lo que no influirá en la absorción de agua en el concreto.

Analizando los resultados se concluye que entre los 3 principales óxidos de la ceniza calcinada (SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3) suman 90.426%, dando lugar a un material altamente puzolánico; además en presencia de humedad y de óxido de calcio forman un compuesto con propiedades cementantes (Según ASTM C - 618).

En cuanto al Ensayo de Ph según la Tabla 11, los resultados indican que el Ph de la ceniza de lodo de papel encuentra en el rango de acidez con 6.90, por lo que no es alcalino. Y el Ph del polvo de concha de abanico si se encuentra en el rango de alcalinidad con 13.47, siendo un material alcalino. Tomando en cuenta a Vega Zegarra, G. (2016) y Chero Huamán, A. (2017) estos resultados no variaron en cuanto al rango de alcalinidad, por el contrario, confirmaron que estos materiales son ácidos y alcalinos según sea el caso.

Cuando se estudió el Ph de la combinación de la ceniza de lodo de papel y del polvo de concha de abanico en sus distintos porcentajes de sustitución del cemento (10 y 15%) se determinó que ambas combinaciones se encuentran en el rango de alcalinidad, es decir, se encuentran en el mismo rango de Ph que el cemento portland según el

manual de inspecciones técnicas de edificios (Ph entre 12,6 a 14), lo cual ayudará a mejorar la resistencia del concreto, teniendo en cuenta que los materiales sílico-aluminosos altamente alcalinos tras un corto periodo de curado, permiten obtener un material con buenas propiedades cementantes.

Los ensayos de Slump determinaron los derrumbamientos de los conos de hormigón: Para el concreto patrón, se generó un asentamiento de 3", lo que indica su fácil trabajabilidad. Dando como resultado una relación agua / cemento igual a 0.690.

Para el concreto con sustitución del cemento en un 10%, se agregó 300ml de agua para poder lograr un asentamiento de 3" y hacer la mezcla trabajable. Lo que indica que el porcentaje de potasio que tiene la mezcla sustituyente si influyó en la absorción de agua. Finalmente se obtuvo una la relación agua / cemento igual a 0.706.

Para el concreto con sustitución del cemento en un 15%, se agregó 400ml de agua para poder lograr un asentamiento de 3" y hacer la mezcla trabajable. Lo que indica que el porcentaje de potasio que tiene la mezcla sustituyente influyó en la absorción de agua, ya que el porcentaje de sustitución fue mayor. Finalmente se obtuvo una la relación agua / cemento igual a 0.711.

Según la tabla 17, para el análisis de los ensayos de resistencia a compresión del concreto patrón tenemos:

A los 7 días las probetas patrón ensayadas alcanzaron un 77.45% de la resistencia de diseño, edad en donde se desarrolló la mayor reacción entre los componentes del cemento.

A los 14 días las probetas patrón ensayadas alcanzaron un 90.40% de la resistencia de diseño, aumentando en 12.95% desde los 7.

A los 28 días las probetas patrón ensayadas alcanzaron un 102.35% de la resistencia de diseño, aumentando en 11.95% desde los 14 días.

Se considerarán satisfactorios los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión a los 28 días de una clase de concreto, si se cumplen las dos condiciones siguientes:

El promedio de todas las series de tres ensayos consecutivos es igual o mayor que la resistencia de diseño.

Ningún ensayo individual de resistencia está por debajo de la resistencia de diseño en más de 35 Kg/cm².

Por lo que se concluye que los resultados son satisfactorios.

La figura 08 nos indica que la resistencia a compresión de las probetas patrón fue aumentando en cuanto a la edad de curado del concreto y a los 28 días llegó a la resistencia de diseño $F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, sobrepasándolo sólo en 2.35%, la cual está dentro del rango permitido.

Para el concreto experimental sustituyendo al cemento en 10% por ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico, los ensayos de resistencia a compresión según la tabla 23, determinaron:

A los 7 días alcanzaron un 86.56% de la resistencia de diseño, edad en donde se desarrolló la mayor reacción entre los componentes del cemento. Y comparando con el concreto patrón, este lo superó en 9.11 %.

A los 14 días alcanzaron un 98.76 % de la resistencia de diseño, aumentando en 12.20% desde los 7 días. Además, superando al concreto patrón en 8.36%.

A los 28 días alcanzaron un 112.74% de la resistencia de diseño, aumentando en 13.98% desde los 14 días. Además, superando al concreto patrón en 10.39%.

Si bien es cierto que se aumentó agua al diseño de mezcla para la elaboración de estas probetas, debido a la presencia en moderado porcentaje de potasio, aumentando la relación a/c, sin embargo, de las figuras 09 y 10, indican que la resistencia a compresión de las probetas experimentales sustituyendo al cemento en 10% fue aumentando de manera progresiva según la edad de curado. Estos resultados se dieron por la reacción de los silicatos (resistencia corto y largo plazo) y aluminatos (acelera

la reacción química entre el silicio y el calcio) presentes en la combinación que al reaccionar con el calcio dieron una gran velocidad de hidratación, es decir, rápido endurecimiento que contribuyó en altas resistencias iniciales. Finalmente, a los 28 días se sobrepasó a la resistencia de diseño $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en 12.74%, dando origen a un concreto de alta resistencia.

Para el concreto experimental sustituyendo al cemento en 15% por ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico, los ensayos de resistencia a compresión según la tabla 29, determinaron:

A los 7 días alcanzaron un 66.78% de la resistencia de diseño, edad en donde se desarrolló la mayor reacción entre los componentes del cemento. Y comparando con el concreto patrón fue menor en 10.67 %.

A los 14 alcanzaron un 84.21 % de la resistencia de diseño, aumentando en 17.43% desde los 7 días, y superada por el concreto patrón en 6.19%.

A los 28 alcanzaron un 98.72% de la resistencia de diseño, aumentando en 14.51% desde los 14 días, y superada por el concreto patrón en 3.63%.

De las figuras 11 y 12, indicamos que la resistencia a compresión de las probetas experimentales sustituyendo al cemento en 15% fue aumentando, y están dentro del rango de porcentaje al que pueden llegar en cada edad de curado, tomando en cuenta que es un concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$.

Sin embargo, no superó en ningún momento al concreto patrón, debido a que se agregó más ceniza de lodo de papel, el cual tiene un contenido de potasio más elevado, lo que influyó en la absorción de agua en el diseño de mezcla; por consiguiente, se aumentó la relación a/c, lo cual disminuye la resistencia a compresión.

Además, a manera de corroborar la baja resistencia que se dio en estas probetas experimentales, se observó en su desencofrado moderada porosidad en su estructura,

a diferencia de las probetas experimentales con 10% de sustitución de cemento que tenían una estructura compacta y lisa.

Otro indicador de la baja resistencia que podrían obtener estas probetas, fue cuando se tomaron los pesos de cada testigo después de su desencofrado, y en comparación con las probetas experimentales con 10% de sustitución de cemento, estas fueron menores.

Finalmente, no puedo comparar directamente mis resultados con algún antecedente que consideré en mi investigación, ya que ninguno trabajó estas combinaciones sustituyendo al cemento en concreto. Pero si se dieron resultados a mí favor en cuanto a la activación de la ceniza de lodo de papel y del polvo de concha de abanico, en los ensayos de Ph de cada combinación y en la resistencia a compresión cuando se sustituyó al cemento en un 10%.

Para verificar matemáticamente los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión de todas mis probetas, recurrí al Dr. Oscar Robles Villanueva, experto en metodología y estadística, quien me ayudo a analizar y determinar lo siguiente:

La Prueba de Anova (Tabla 31) determinó que las probetas (patrones y experimentales con 10% y 15% de sustitución del cemento), son diferentes respecto al porcentaje de sustitución y respecto a los días de curado.

Mientras que la prueba de Duncan (Tabla 32), determinó que las probetas de concreto que tienen mayor resistencia son las probetas patrones y cuando se sustituye el 10% de cemento, y la de menor resistencia es cuando se sustituye al cemento en 15%.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

El análisis térmico diferencial (ATD) y los antecedentes, determinaron las condiciones de calcinación de los materiales: para la ceniza de lodo de papel fueron a 700°C durante 2 horas, mientras que para el polvo de concha de abanico fue a 900°C durante 1 hora.

Activando térmicamente la ceniza de lodo de papel y el polvo de concha de abanico, se presenció en cada análisis químico, los 4 principales componentes puzolánicos (Calcio, Silicio, Aluminio y Hierro). Para ambos materiales, las sumas de estos componentes fueron mayores a las del Cemento Portland Tipo I, demostrando que son materiales altamente puzolánicos. Además, se presenció al potasio entre los componentes de ambos materiales, haciéndose notar en la mayor absorción de agua cuando se sustituyó al cemento en un 15%.

Los valores del Ph para cuando el cemento fue sustituido por las combinaciones de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico en 10% y 15% respectivamente, están dentro del rango de alcalinidad, lo que constata que estas combinaciones son alcalinas.

La relación a/c para las probetas experimentales de 10% y 15% variaron debido a que se agregó agua en busca de la trabajabilidad del concreto, verificado mediante el ensayo del Slump. Estas distintas relaciones de a/c consecuentemente influyeron en las resistencias de las probetas.

En la comparación de resultados en cuanto a la resistencia a compresión, concluimos que las probetas experimentales cuando se sustituye al cemento en un 10% sobrepasaron a las probetas patrón ($F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$) en cada tiempo de curado (7, 14 y 28 días). Lo que indica que esta combinación mejora la resistencia a compresión del concreto.

En las probetas experimentales cuando se sustituye al cemento en un 15% no sobrepasan a las probetas patrón, pero se tienen resultados que están dentro del rango según cada tiempo de curado (7, 14 y 28 días). Lo que indica que esta combinación no mejora la resistencia a compresión del concreto, pero si se encuentra en el mismo rango de resistencia.

Se puede concluir también que, mientras mayor sea el porcentaje de sustitución del cemento por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico, menor será la resistencia, ya que el contenido de potasio aumentará, por tanto, la relación a/c también, y así las resistencias disminuirán.

Recomendaciones:

Probar con distintos tiempos y temperaturas de calcinación para la ceniza de lodo de papel y para el polvo de concha de abanico, a fin de obtener los valores más altos respecto a su composición química en comparación con el cemento Portland tipo I.

Se recomienda realizar el análisis por Difractometría de Rayos X, también llamado Difracción de Rayos X (DRX) para conocer la composición estructural más completa de la ceniza de lodo de papel y del polvo de concha de abanico.

A manera de comprobar que las combinaciones de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico en sus distintas sustituciones siguen ganando resistencia, se recomienda alargar las edades de curado en 60, 90 y hasta 120 días.

Buscar otros materiales para combinarlos y reducir el porcentaje de potasio.

Finalmente recomiendo trabajar las combinaciones de manera inversa, es decir, intercambiar el orden 3:1, de tal manera que predomine más la presencia de calcio y no la de silicio (mayor porcentaje de concha de abanico y menos de ceniza de lodo de papel).

VI. DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

A Dios, le Dedico el fruto de tantas horas de trabajo principalmente a él, ya que sin su ayuda no hay meta posible de alcanzar, sólo él nos puede proveer de los dones necesarios para hacer cualquier cosa posible en el mundo.

A mi padre, Santos Hilario, Por Estar Siempre Conmigo, mi consejero, mi guía, que siempre está ahí para apoyarme en todo, gracias por ser mi ejemplo a seguir.

A mi madre, Lidia Gamboa, Que me ha brindado su apoyo incondicional, por los valores que me inculcó, eres mi motor para salir adelante, siempre te agradeceré y así retribuir todo lo que has dado todo por mí.

A mi Asesor Ing. Dante Salazar Sánchez y al Dr. Oscar Robles Villanueva, gracias por sus recomendaciones y el tiempo que me brindaron, en el cual desde el principio demostraron su apoyo y gran interés.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto. Perú: Editorial San Marcos. Recuperado de https://kupdf.com/download/tecnologia-del-concreto-flavio-abanto_5900eec1dc0d601b20959e9f_pdf

ASPAPEL (2008). Guía de Gestión de Residuos (Fábricas de Pasta, Papel y Cartón). Recuperado de <http://www.aspapel.es/content/guia-de-gestion-de-residuos-fabricas-de-pasta-papel-y-carton-2008>

ASTM C31. “Práctica estándar para elaborar y curar cilindros de ensayo de concreto en campo”. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/139690977/RESUMEN-ASTM-C-31-pdf>

ASTM C150. Especificación Normalizada para Cemento Portland. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuisCM3/astm-c150>

ASTM C39. “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas”. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/38135708/NORMA-ASTM-C39>

ASTM C618. (2005). “Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana natural en Crudo o Calcinada para Uso en Concreto”. Recuperado de http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20028/fichero/4_INTRODUCCION%252F4_INTRODUCCION.pdf

Chero Huamán, A. (2017). “Estabilización de Ph en el agua del Río Negro (Olleros – Huaraz) utilizando un compuesto arcilla - concha de abanico”. Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.

Crianza de conchas de abanico. Recuperado de http://www.proyectosperuanos.com/conchas_de_abanico.html

Enrique Pasquel Carbajal (1998). Tópicos de tecnología de concreto en el Perú. Recuperado de https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru

Hilario, M. (2016). “Resistencia de un concreto sustituyendo al cemento en un 3% con ceniza de lodo de papel”. Seminario de Tesis II, Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.

Ing. Gerardo Antonio Rivera López. CONCRETO SIMPLE. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/333554624/Concreto-Simple-Gerardo-Antonio-Rivera-Lopez>

Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico en la costa peruana. Recuperado de <http://www.fao.org/3/contents/>

Ministerio de la Producción, Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2014. Recuperado de <https://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf>

Neville, A. (1999). “Tecnología del Concreto”, Fondo editorial del IMCYC, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. Recuperado de http://imcyc.com/redcyc/imcyc/biblioteca_digital/TECNOLOGIA_DEL_CONCRET O.pdf

NTP 339.034:2008 HORMIGON. Método de ensayo para el esfuerzo a la Compresión de muestras cilíndricas de concreto. 2a. ed. Recuperado de <https://es.slideshare.net/ERICKSA2/ntp-339034-2008>

NTP 339.035:2009 HORMIGON. Método de ensayo para la medición del Asentamiento del hormigón con el cono de Abrams. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/371807372/NTP-339-035-2009-pdf>

NTP 339.037:2008 HORMIGON (CONCRETO). Práctica normalizada para el refrentado de testigos cilíndricos de hormigón (concreto). Recuperado de <https://es.scribd.com/document/357286589/NTP-339-037-2008-Practica-Normalizada-Para-El-Refrentado-de-Testigos-Cilindricos-d-Concreto>

NTP 339.088. Requisitos de calidad del agua para el concreto. Recuperado de <https://es.slideshare.net/kiaramirellaporrascrisostomo/ntp-339088>

NTP 400.012:2001 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Recuperado de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf

Rodríguez, O., Frías, M., Sánchez de Rojas, M. I., García, R., Vigil, R. (2009) “Efecto de la adición de lodos de papel activados térmicamente en las propiedades mecánicas y de porosidad de pastas de cemento”. Recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/14425>

Tecnología de los materiales. Recuperado de <http://www.tecmaterialesbravo.blogspot.pe/2015/10/>

Vega, G. (2016). “Resistencia a la compresión de un mortero sustituyendo al cemento por la combinación de un 15% de ceniza de lodo de papel y 5% de polvo de concha de abanico”. Universidad San Pedro, Chimbote – Perú.

IX. ANEXOS Y APÉNDICE

ANEXO 01.
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
(DTA)
CENIZA DE LODO DE PAPEL



Trujillo, 23 de octubre del 2017

INFORME N° 115 - OCT 17

Solicitante: Hilario Gamboa Marvin -- Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza lodo de papel (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CLP-1150	15.4 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 15.4 mg

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa


Danny M. Chávez Novoa
Ingeniero en Materiales
Trujillo - Perú

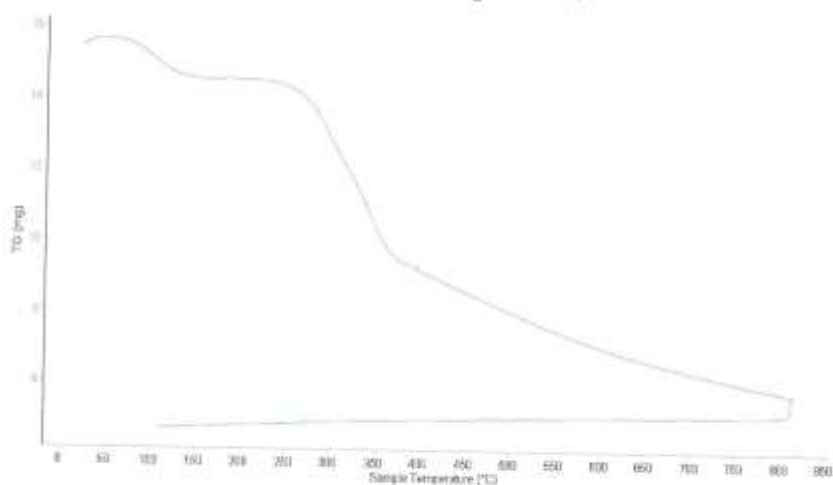


Trujillo, 23 de octubre del 2017

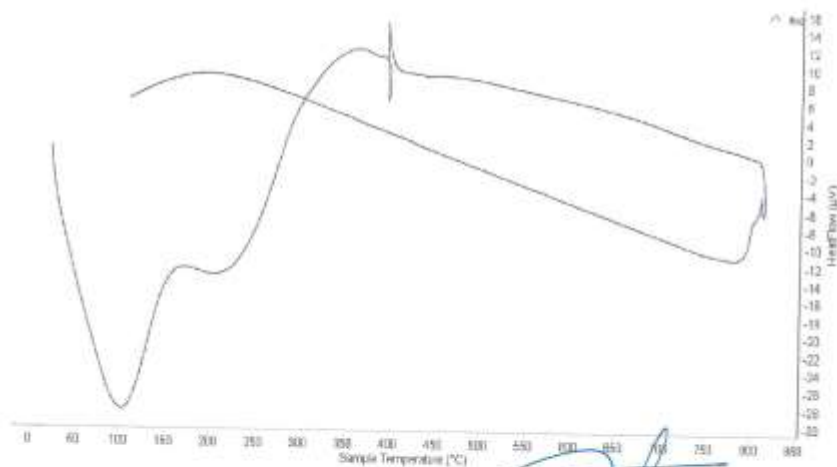
INFORME N° 115 - OCT 17

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD



[Signature]
Danny A. Chávez Novoa
P. 23.10.17



Trujillo, 23 de octubre del 2017

INFORME N° 115 - OCT 17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis termo-gravimétrico se muestra una leve pérdida de masa entre 90 y 120°C, luego se aprecia que el material se estabiliza térmicamente y en torno a 250 y 360°C se muestra otra pérdida aún más intensa, el material pierde en total aproximadamente 60 % respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas bandas endotérmicas en torno a 100°C y en torno a 220 °C, posteriormente se muestra un agudo pico de absorción de calor a 400°C con gran probabilidad de ocurrir cambios estructurales y en las propiedades del material.

Trujillo, 23 de octubre del 2017



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros

Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Danny M. Chávez Novoa
T. 115 - OCT 17

ANEXO 02.
ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL
(DTA)
POLVO DE CONCHA DE ABANICO



Trujillo, 23 de octubre del 2017

INFORME N° 117 - OCT 17

Solicitante: Hilario Gamboa Marvin – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Concha de abanico (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-117O	47.6 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 47.6 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

Danny M. Chávez Novoa

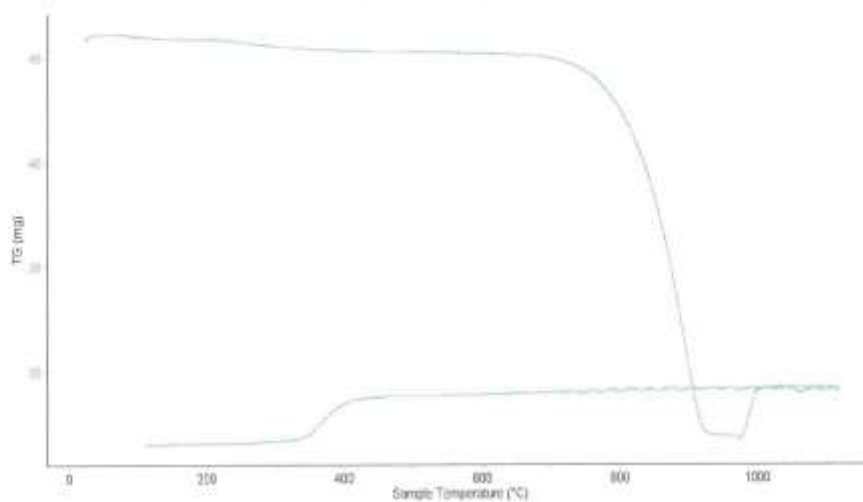


Trujillo, 23 de octubre del 2017

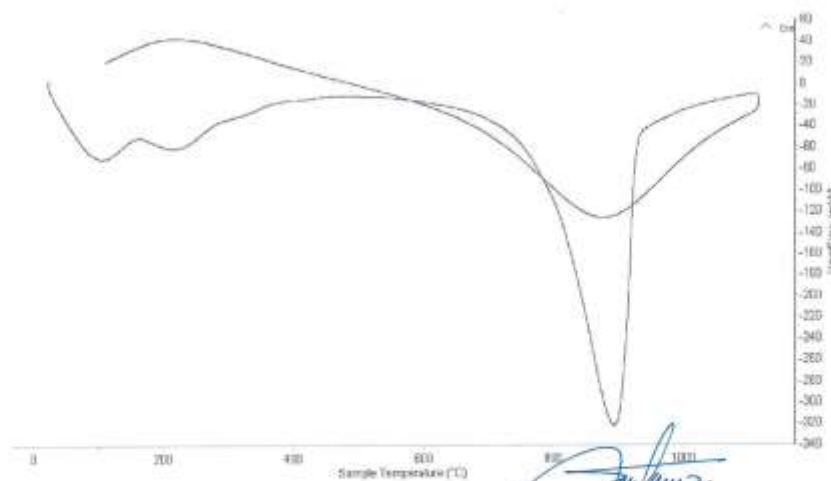
INFORME N° 117 - OCT 17

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD



[Signature]
Carmy M. Chávez Novoa



Trujillo, 23 de octubre del 2017

INFORME N° 117 - OCT 17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante estabilidad térmica correspondiente a una mantención de la masa del material a altas temperaturas hasta aproximadamente 700°C a partir del cual el material comienza a descomponerse térmicamente. El material llega a perder un total de 45% cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra unas ligeras bandas endotérmicas en torno a 100°C y en torno a 220°C , posteriormente se muestra una intensa absorción de calor a 900°C con gran probabilidad de ocurrir cambios estructurales y en las propiedades del material.

Trujillo, 23 de octubre del 2017



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Danny M. Chávez Novoa

ANEXO 03.
ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
(FRX)
CENIZA DE LODO DE PAPEL



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°105-LAQ/2017

Análisis de una muestra de ceniza de lodo de papel por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de lodo de papel a pedido del Sr. **Hilario Gamboa, Marvin J.**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de un Concreto Sustituyendo Parcialmente al Cemento por Lodo de Papel y Concha de Abanico.”

La muestra está en forma de grano fino de color marrón.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3100 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Archeometría

muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de lodo de papel. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el intervalo de energías de 1 a 18 keV que es el intervalo de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la ceniza de lodo de papel en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al_2O_3	9.138	15.220
SiO_2	41.632	69.341
P_2O_3	0.044	0.073
SO_2	0.742	1.236
K_2O	1.483	2.470
CaO	2.965	4.938
TiO_2	0.386	0.643
V_2O_3	0.015	0.025
MnO	0.036	0.059
Cr_2O_3	0.013	0.021
Fe_2O_3	3.521	5.865
Ni_2O_3	0.006	0.009
CuO	0.007	0.012
ZnO	0.028	0.047
SrO	0.011	0.019
ZrO_2	0.013	0.022
Totales	60.039	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100% indicando que la muestra pueda contener compuestos de Na y/o Mg que esta técnica no puede detectar y/o diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

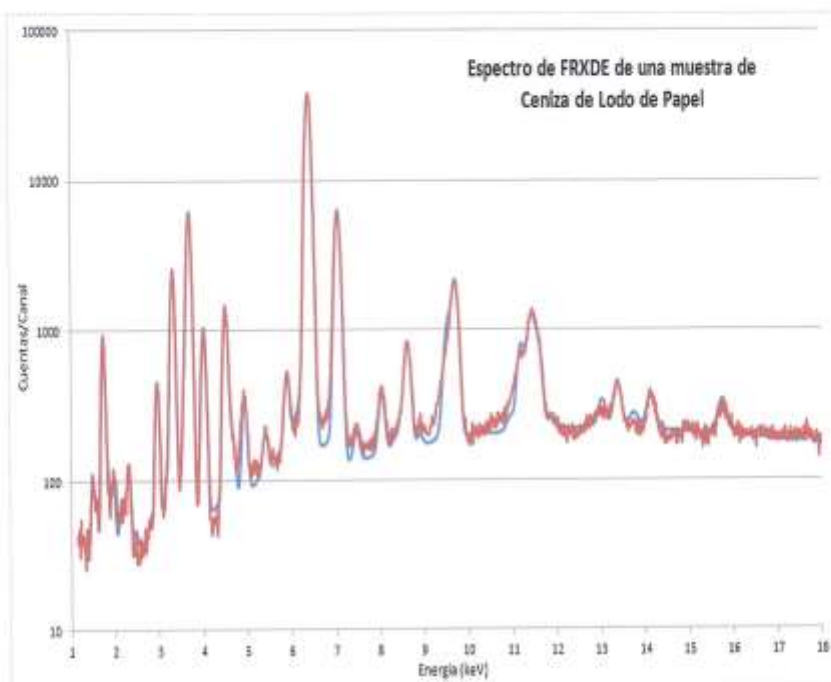


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de lodo de papel en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 11 de diciembre del 2017

ANEXO 04.
ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
(FRX)
POLVO DE CONCHA DE ABANICO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°106-LAQ/2017

Análisis de una muestra de ceniza de concha de abanico por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cenizas de concha de abanico a pedido de la Sr. **Hilario Gamboa, Marvin J.**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de un Concreto Sustituyendo Parcialmente el Cemento por Lodo de Papel y Concha de Abanico.”

La muestra está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6300 cts/s

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Archeometría

muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de concha de abanico. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el intervalo de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalarse que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de concha de abanico
en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al_2O_3	14.077	22.774
SiO_2	1.633	2.641
P_2O_3	0.054	0.087
SO_2	0.518	0.835
ClO_2	0.055	0.107
K_2O	0.012	0.020
CaO	45.292	73.272
TiO_2	0.008	0.012
Cr_2O_3	0.002	0.004
Fe_2O_3	0.015	0.024
Ni_2O_3	0.002	0.003
ZnO	0.006	0.010
SrO	0.106	0.171
CdO	0.025	0.041
Totales	61.814	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100% indicando que la muestra puede contener compuestos de Na y Mg que no pueden ser detectados por esta técnica y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor precisión.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Archeometría

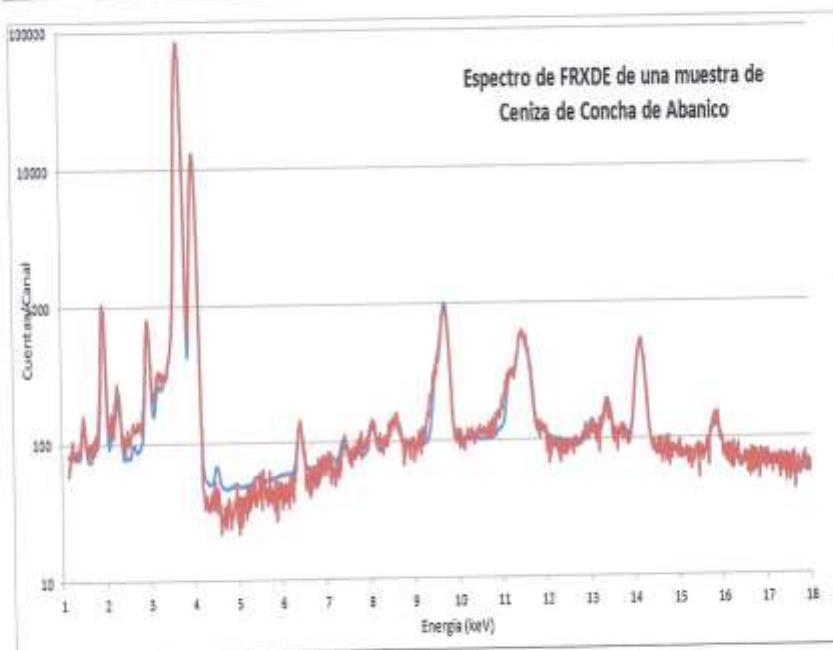


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de concha de abanico en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Archeometría



Lima, 11 de diciembre del 2017

ANEXO 05.
ENSAYO DE PH



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20171109-001

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR: MARVIN JOHNSONS HILARIO GAMBOA
DIRECCIÓN: San Pedro Mz. Z Lt. 8 - Chimbote
PRODUCTO DECLARADO: **ABAJO INDICADOS.**
CANTIDAD DE MUESTRA: 04 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA: En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN: 2017-11-09
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: 2017-11-09
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO: 2017-11-09
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN: Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI: **SS 171109-1**

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CENIZA DE LODO DE PAPEL	6.90
POLVO DE CONCHA DE ABANICO	13.47
CEMENTO SUSTITUIDO EN 15% POR LA COMBINACION DE CENIZA DE LODO DE PAPEL Y POLVO DE CONCHA DE ABANICO	13.93
CEMENTO SUSTITUIDO EN UN 10% POR LA COMBINACION DE CENIZA DE LODO DE PAPEL Y POLVO DE CONCHA DE ABANICO	14.01

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Noviembre 09 del 2017.

DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ANEXO 06.
ENSAYOS DE PESO ESPECÍFICO



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO
(Frasco de Le Chaletelr)
(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
MATERIAL : 100% CENIZA DE LODO DE PAPEL
FECHA : 18/05/2018

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.00	20.00
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.00	20.00
PESO ESPECIFICO		3.200	3.200
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	3.200	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Châtelet)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
MATERIAL : 100% POLVO DE CONCHA DE ABANICO
FECHA : 16/06/2016

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	22.10	22.10
PESO DE MUESTRA	(g)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	22.10	22.10
PESO ESPECIFICO		2.896	2.896
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	2.896	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

ANEXO 07.
DISEÑO DE MEZCLA



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TEMA : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 29/01/2018

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm^2 , a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino : CANTERA : DULONG

- Peso específico de masa 2.67
- Peso unitario suelto 1576 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1817 kg/m^3
- Contenido de humedad 1.12 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso CANTERA : DULONG

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal $3/4"$
- Peso específico de masa 2.80
- Peso unitario suelto 1410 kg/m^3
- Peso unitario compactado 1551 kg/m^3
- Contenido de humedad 0.71 %
- Absorción 1.06 %





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : $205 / 0.684 = 299.71 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bolsas / m}^3$

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708 kg/m ³
Agua efectiva.....	206.911 lts/m ³
Agregado fino.....	936.978 kg/m ³
Agregado grueso.....	937.424 kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{936.978}{299.71} : \frac{937.42}{299.71}$$

$$1 : 3.13 : 3.13 : 29.34 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 2.94 : 3.31 : 29.34 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montaña
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

DISEÑO DE MEZCLA

(10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACHE HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 29/01/2018

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANTERA : DULONG

- Peso especifico de masa 2.67
- Peso unitario suelto 1576 kg/m³
- Peso unitario compactado 1817 kg/m³
- Contenido de humedad 1.12 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de fineza 3.00

D.- Agregado grueso

CANTERA : DULONG

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.80
- Peso unitario suelto 1410 kg/m³
- Peso unitario compactado 1551 kg/m³
- Contenido de humedad 0.71 %
- Absorción 1.06 %





UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.690

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.088
10% CLP+PCA.....	(m ³)	0.010
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.347
Agregado grueso.....	(m ³)	0.332
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SEÇOS

Cemento.....	269.74	kg/m ³
10% CLP+PCA.....	29.971	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	926.57	kg/m ³
Agregado grueso.....	930.86	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	269.74	kg/m ³
10% CLP+PCA.....	29.971	kg/m ³
Agua efectiva.....	206.91	lts/m ³
Agregado fino.....	936.98	kg/m ³
Agregado grueso.....	937.42	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{269.74}{269.74} = \frac{29.971}{269.74} = \frac{936.98}{269.74} = \frac{937.42}{269.74}$$

$$1 : 0.11 : 3.47 : 3.48 \quad 29.34 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañas Reyes
Ing. Jorge Montañas Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 990579937

Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³.

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.690

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.082
10% CLP+PCA.....	(m ³)	0.014
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.347
Agregado grueso.....	(m ³)	0.332
Aire.....	(m ³)	0.020
		1.000 m³

PESOS SECOS

Cemento.....	254.75	kg/m ³
10% CLP+PCA.....	44.956	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	928.57	kg/m ³
Agregado grueso.....	930.86	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	254.75	kg/m ³
10% CLP+PCA.....	44.956	kg/m ³
Agua efectiva.....	208.91	lts/m ³
Agregado fino.....	936.98	kg/m ³
Agregado grueso.....	937.42	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{254.75}{254.75} : \frac{44.956}{254.75} : \frac{936.98}{254.75} : \frac{937.42}{254.75}$$

$$1 : 0.18 : 3.68 : 3.68 \quad 29.34 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Regas
Ing. Jorge Montañez Regas
JER

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 990579937

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

DISEÑO DE MEZCLA (15% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 29/01/2018

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANtera : DULONG

- Peso especifico de masa 2.87
- Peso unitario suelto 1578 kg/m³
- Peso unitario compactado 1817 kg/m³
- Contenido de humedad 1.12 %
- Absorción 0.98 %
- Módulo de finesa 3.00

D.- Agregado grueso

CANtera : DULONG

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso especifico de masa 2.80
- Peso unitario suelto 1410 kg/m³
- Peso unitario compactado 1551 kg/m³
- Contenido de humedad 0.71 %
- Absorción 1.06 %





**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-05)

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : DULONG
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 29/01/2019

TAMIZ	N°	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr.)
3"		76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"		63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"		50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"		38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"		25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"		19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"		12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"		9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4		4.75	18.4	2.4	2.4	97.6
N° 8		2.36	47.0	6.0	8.4	91.6
N° 16		1.18	102.2	13.2	21.6	78.4
N° 30		0.60	422.9	54.4	76.0	24.0
N° 50		0.30	136.3	17.6	93.6	6.4
N° 100		0.15	28.6	3.7	97.3	2.7
N° 200		0.08	7.6	1.0	98.3	1.7
PLATO		ASTM C-117-04	12	1.5	100.0	0.0
TOTAL			777.0	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Finesa	1.00

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 990579937

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

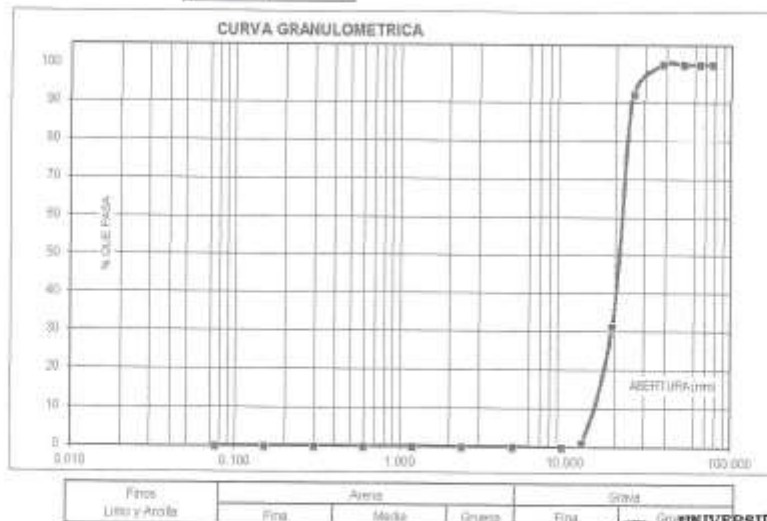
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA: BACH. HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN DÓNCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA: DULZAS
MATERIAL: PIEDRA CHANCADA
FECHA: 2010/02/18

TAMIZ	Peso retenido (g)	% ret. Por peso (%)	% ret. Acumada (%)	% Que pasa (%)
1"	75.200	0.0	0.0	100.0
3"	63.500	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	50.800	0.0	0.0	100.0
2"	38.100	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	25.400	0.0	0.0	100.0
3/4"	12.700	0.0	0.0	100.0
3/8"	6.350	0.0	0.0	100.0
Nº 4	3.175	0.0	0.0	100.0
Nº 10	1.675	0.0	0.0	100.0
Nº 20	0.850	0.0	0.0	100.0
Nº 40	0.425	0.0	0.0	100.0
Nº 60	0.250	0.0	0.0	100.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0
Nº 200	0.075	0.0	0.0	100.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0
TOTAL	1044.6	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Hoyo	Nº 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La muestra ó muestra identificada por el solicitante



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Cel. 990579937
Email: lmasyem@usanpedro.edu.pe



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : DULONG
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 29/01/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	18400	18500	18300
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	13280	13380	13180
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1420	1430	1409
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1420		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1418		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	19600	18850	19750
Peso de molde	5120	5120	5120
Peso de muestra	14480	14730	14630
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m ³)	1548	1575	1564
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1562		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1551		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : DULONE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 29/01/2018

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	3910	7800	7700
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4484	4474	4374
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1608	1605	1569
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1594		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1576		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8455	8400	8480
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	5129	5074	5154
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m ³)	1843	1820	1849
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1837		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1817		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : DULONG
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 29/01/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (air)	794.50	782.40
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	514.00	506.20
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	280.50	276.20
D	Peso de material seco en estufa	786.30	774.10
E	Volumen de masa (C-(A-D))	272.30	267.90
G	P.e Bulk (Base Seca) D/C	2.803	2.803
H	P.e Bulk (Base Saturada) A/C	2.832	2.833
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.888	2.890
F	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	1.04	1.07

P.e Bulk (Base Seca) : 2.803
P.e Bulk (Base Saturada) : 2.833
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.889
Absorción (%) : 1.06



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA: BACH. HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSON
TEBIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA: DULORIO
MATERIAL: ARENA GRUESA
FECHA: 23/10/2018

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua	gr	686.60	686.60
C	Volumen de masa + volumen de vacas (A+B)	cm ³	986.60	986.60
D	Peso de picnometro + agua + material	gr	875.40	875.40
E	Volumen de masa + volumen de vacas (C-D)	cm ³	111.20	111.20
F	Peso de material seco en el tubo	gr	287.10	287.10
G	Volumen de masa (E-A/F)		108.30	108.30
H	P.e. Bulk (Base Seca)	FIE	2.672	2.672
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	AIE	2.698	2.698
J	P.e. Aparente (Base Seca)	FIE	2.743	2.743
K	Absorción (%) ((D-A)/A*100)		0.98	0.98

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.672
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.698
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.743
Absorción (%) : 0.98



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : DULONG
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 29/01/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1207.6	1194
TARA + SUELO SECO (gr)	1200.3	1186.8
PESO DEL AGUA (gr)	7.3	7.2
PESO DE LA TARA (gr)	163	168.5
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1037.3	1018.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.70	0.71
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.71	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
[Signature]
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : DULONG
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 28/01/2018

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1324	1338.5
TARA + SUELO SECO (gr)	1311.9	1326
PESO DEL AGUA (gr)	12.1	12.5
PESO DE LA TARA (gr)	240	208.4
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1071.9	1117.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.13	1.12
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	1.12	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

SOLICITA: BACH. HILARIO GAMBOA MARYIN JOHNSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABANICO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 29/01/2018

F'c : 280 Kg/cm²

N°	TESTIGO	ALTIMETRO (")	FUEZA		ESCALA	RC	F'c (Kg)
	ELEMENTO		MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	09/102017	10/102017	7	143.43	77.93
02	PATRON	-	03/112017	10/122017	7	159.86	76.13
03	PATRON	-	23/112017	19/102017	7	164.44	78.31
04	PATRON	-	03/112017	17/102017	14	185.12	88.63
05	PATRON	-	03/112017	17/112017	14	188.38	89.62
06	PATRON	-	09/112017	17/112017	14	192.21	91.26
07	PATRON	-	03/112017	09/122017	20	240.63	116.41
08	PATRON	-	03/112017	09/122017	20	251.72	119.37
09	PATRON	-	09/112017	03/122017	20	249.58	118.95

ESPECIFICACIONES: Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES: Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañer Reyes
JEFE

**CORRECCIÓN DE PROBETAS
A LOS 28 DÍAS**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : BACH. HILARIO GARCIA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y COMODA DE ABANCO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 16/05/2018

F C : 210 Kg/cm²

N°	ELEMENTO	SUELO	FECHA		EDAD	F _c	F _o
			MOLDEO	ROTURA			(%)
01	PATRON	-	06/02/2018	06/03/2018	28	216.37	103.03
02	PATRON	-	06/03/2018	06/03/2018	28	215.25	102.49
03	PATRON	-	06/03/2018	06/03/2018	28	211.23	101.54

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA : BACH. HILARIO GAMBOA MARVIN JOHNSONS
TESIS : RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPEL Y CONCHA DE ABRICO
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 26/01/2019

F'c : 210 kg/cm²

PR	ELABORADO	TIPO	MOLEDO	ROTURA	DIAS	EaCm ²	FCR (%)
01	EXPERIMENTAL	-	13/02/17	18/02/17	7	102.43	47.84
02	EXPERIMENTAL	-	13/02/17	18/02/17	7	108.77	51.80
03	EXPERIMENTAL	-	13/02/17	18/02/17	7	108.80	51.81
04	EXPERIMENTAL	-	18/02/17	23/02/17	14	203.94	97.10
05	EXPERIMENTAL	-	18/02/17	23/02/17	14	205.10	97.67
06	EXPERIMENTAL	-	13/02/17	23/02/17	14	210.52	100.25
07	EXPERIMENTAL	-	13/02/17	18/02/18	28	219.46	104.50
08	EXPERIMENTAL	-	13/02/17	18/02/18	28	225.76	107.51
09	EXPERIMENTAL	-	13/02/17	08/03/18	33	237.10	112.92

ESPECIFICACIONES : Los ensayos se realizaron a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los ensayos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañes Reyes
JEFE



UNIVERSIDAD
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 15%

SOLICITA: BACH. HILARIO SAMBOA MARVIN JOHNSON
TESIS: RESISTENCIA DE UN CONCRETO CON CEMENTO SUSTITUIDO PARCIALMENTE
POR LODO DE PAPER Y CONCHA DE ABANCO
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 29/01/2018

$f'c$: 210 Kg/cm^2

N°	ELEMENTO	SLABAS	MOLDEO	ROTURA	DIAM	$f'c$ (Kg/cm ²)	RESF (%)
01	EXPERIMENTAL	-	19/12/2017	20/12/2017	7	135.38	64.47
02	EXPERIMENTAL	-	18/12/2017	20/12/2017	7	140.23	67.71
03	EXPERIMENTAL	-	13/12/2017	20/12/2017	7	943.08	45.13
04	EXPERIMENTAL	-	13/12/2017	20/12/2017	14	115.94	55.73
05	EXPERIMENTAL	-	13/12/2017	20/12/2017	14	171.44	81.50
06	EXPERIMENTAL	-	13/12/2017	20/12/2017	14	177.22	84.39
07	EXPERIMENTAL	-	13/12/2017	10/01/2018	20	207.66	98.88
08	EXPERIMENTAL	-	13/12/2017	10/01/2018	20	209.18	99.60
09	EXPERIMENTAL	-	13/12/2017	10/01/2018	20	203.19	97.67

ESPECIFICACIONES: Los ensayos responden a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES: Los testigos fueron elaborados y traidos por el interesado a este laboratorio.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

ANEXO 08.
PRUEBAS
ESTADÍSTICAS

PRUEBAS ESTADÍSTICAS

Tabla ...: Resistencias a la compresión de las probetas de concreto con una sustitución de cemento por la combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico según días de curado.

Días de curado	Resistencia de concreto con sustitución de cemento por una combinación		
	Patrón	10%	15%
7	162,65	181,77	140,23
14	189,84	207,39	176,83
28	214,94	236,76	207,31

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla ... se puede apreciar que las resistencias a la compresión de las probetas son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 7 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad (Shapiro - Wilk) y homogeneidad de varianzas (Contraste de Levene) de las resistencias medias obtenidas en las probetas para cada tratamiento (sustitución de cemento por una combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla ...xxx...: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de las probetas.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Sustitución de cemento	1858,222	2	929,111	8,828	0,034
Días de curado	7494,189	2	3747,094	35,604	0,003
Error	420,974	4	105,243		
Total	9773,385	8			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla ...xxx... se puede visualizar que el $p\text{-value} < \alpha$ ($0.034 < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula. Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm² logradas en las probetas, con sustitución de cemento por una combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico (Patrón, 10% y 15%) son diferentes.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($0.003 < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de las probetas son diferentes a consecuencias de los días de curado.

Tabla: Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias de las probetas de concreto es diferente.

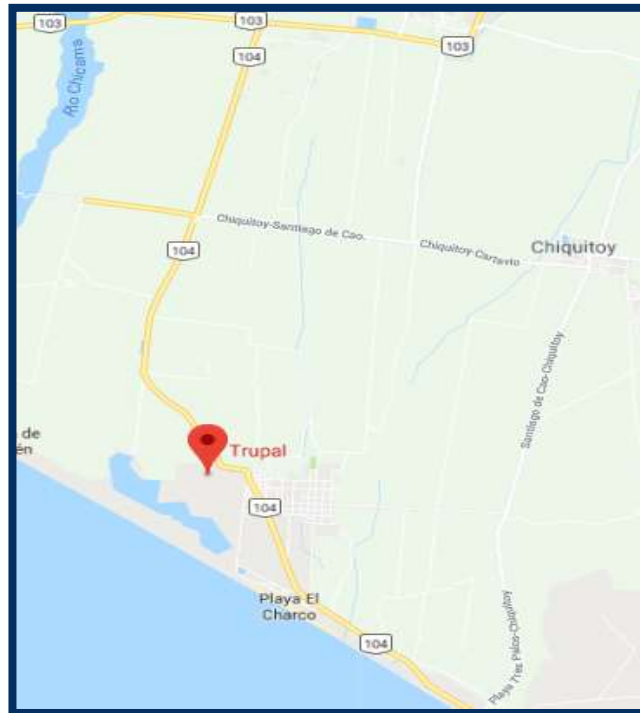
Sustitución	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
15% sustitución	174.8767	
Patrón		200.9033
10% sustitución		208.4100

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

10% de sustitución	208.4100..... a
Patrón	200.9033..... a
15% de sustitución	174.8767..... b

En la tabla ...y, después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que las probetas de concreto que tienen mayor resistencia son cuando se sustituye el 10% de cemento y las probetas patrones, y es menor cuando se sustituye el cemento en 15% por una combinación de ceniza de lodo de papel y polvo de concha de abanico.

ANEXO 09.
PANEL
FOTOGRAFICO



*Foto N° 01: ubicación de la
empresa Trupal S.A*



*Foto N° 02: instalaciones de la
empresa Trupal S.A*



Foto N° 03: recolección del lodo de papel



Foto N° 04: ubicación del puerto de Chimbote



***Foto N° 05:** conchas de abanico
del puerto de Chimbote*



***Foto N° 06:** recolección de piedra
 $\frac{3}{4}$ " – cantera Dulong*



*Foto N° 07: recolección de
agregado grueso – cantera Dulong*



Foto N° 08: ensayo de materiales



Foto N° 09: prequemado del lodo de papel



Foto N° 10: calcinado del lodo de papel prequemado



Foto N° 11: tamizado por tela organza



Foto N° 12: tamizado por malla N° 200 – ceniza de lodo de papel



Foto N° 13: triturado de la concha de abanico



Foto N° 14: calcinado de la concha de abanico



Foto N° 15: tamizado por tela organza



Foto N° 16: tamizado por malla N° 200 – polvo de concha de abanico



Foto N° 17: combinación de ceniza de lodo de papel
+ polvo de concha de abanico+ cemento



Foto N° 18: asentamiento
del cono de Abrams



Foto N° 19: elaboración de probetas



Foto N° 20: desencofrado de probetas



Foto N° 21: toma de pesos después del desencofrado



Foto N° 22: curado de probetas



Foto N° 23: ensayo a compresión de probetas



Foto N° 23: probetas ensayadas a compresión